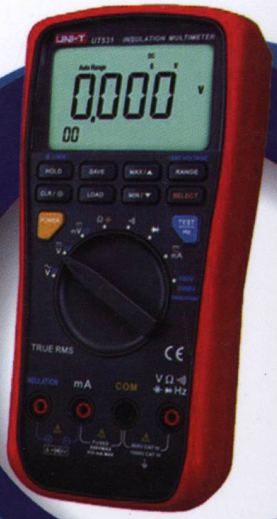
图解

万用表使用

轻松入门

孙立群　等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

图解万用表使用轻松入门

孙立群　等编著

机 械 工 业 出 版 社

这是一本使家电维修人员、企业电工和无线电爱好者快速掌握万用表使用的书籍。本书由浅入深地介绍了典型指针万用表、数字万用表的功能和使用方法与技巧，还分别介绍了使用指针、数字万用表检测常用元器件好坏的方法与技巧。同时，还介绍了新型万用表特色功能的使用方法与技巧。本书可指导电子电工从业人员、家电维修人员和维修爱好者快速入门，逐渐精通，成为万用表使用的行家里手，还可帮助家电维修、制冷维修等从业人员进一步提高使用技能。

本书内容深入浅出，通俗易懂，图文并茂，覆盖面广，具有较强的实用性和可操作性，适合广大家电维修人员和电子爱好者阅读、参考，也可作为家电维修、制冷维修培训班的培训教材，还可以作为职业技术类学校的教学参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

图解万用表使用轻松入门/孙立群等编著. —北京：机械工业出版社，2014.7
ISBN 978-7-111-46828-8

Ⅰ.①图… Ⅱ.①孙… Ⅲ.①复用电表-使用方法-图解
Ⅳ.①TM938.107-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 108122 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：张俊红 责任编辑：闾洪庆
版式设计：霍永明 责任校对：张 薇
封面设计：路恩中 责任印制：李 洋
北京振兴源印务有限公司印刷
2014 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
148mm×210mm · 6.75印张 · 197千字
0001—4000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-46828-8
定价：25.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
社 服 务 中 心：（010）88361066
销 售 一 部：（010）68326294
销 售 二 部：（010）88379649
读者购书热线：（010）88379203

网络服务
教 材 网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

前 言

万用表是最常用的电工、电子测量仪器之一。正确、熟练使用万用表不仅可提高工作效率，而且还可以避免万用表的损坏。因此，为了帮助电工、家电维修、制冷设备维修等行业的从业人员掌握万用表的使用技巧，特编写了本书。

本书旨在介绍万用表的使用方法和技巧，指导维修人员和维修爱好者快速入门、逐步提高，最终成为万用表使用的行家里手。

万用表使用基础知识篇：本篇介绍万用表的种类、特点、基本测量原理、技术指标和使用注意事项。

指针万用表使用从入门到精通篇：本篇第一部分详细介绍了指针万用表使用的基础知识；第二部分介绍了用指针万用表电阻挡在路、非在路检测元器件的方法与技巧，并且着重介绍了指针万用表电阻挡的触发功能；第三部分介绍了指针万用表直流电压挡、交流电压挡、电流挡的使用轻松入门知识。第三部分属于特色内容，也是本书与其他万用表使用书籍内容不同之一，此部分介绍了新型指针万用表的通断测量挡、红外线检测挡的使用方法。学会本篇知识，就可以掌握使用指针万用表检测电子元器件和基本电路的方法与技能。

数字万用表使用从入门到精通篇：本篇第一部分详细介绍了数字万用表使用的基础知识；第二部分介绍了用数字万用表电阻挡在路、非在路检测元器件的方法与技巧；第三部分内容介绍了数字万用表二极管挡（PN 结压降测量挡）在路、非在路测量元器件的方法与技巧；第四部分介绍了数字万用表通断测量挡在路、非在路测量元器件的方法与技巧；第五部分介绍了数字万用表电容挡在路、非在路测量元器件的方法与技巧；第六部分介绍了数字万用表的直流电压挡、交流电压挡、直流电流挡、交流电流挡及特色功能的使用

方法与技巧。学会本篇内容，可掌握使用数字万用表检测电子元器件和基本电路的方法与技能。

本书最后部分不仅介绍了万用表常见故障分析与检修方法，还介绍了万用表典型故障的维修方法。

本书力求做到深入浅出、点面结合、图文并茂、通俗易懂、好学实用。

参加本书编写的还有宿宇、邹存宝、李杰、张燕、赵宗军、陈鸿、傅靖博、刘众、徐福全、王忠富、王书强、孙昊、张国富等同志。

作　者

目 录

前 言

★★★ 万用表使用基础知识篇 ★★★

第一章 万用表使用的基础知识…… 2
第一节 万用表的分类和测量原理 …… 2
第二节 指针万用表的特点、选购和注意事项 …… 13
第三节 数字万用表的特点、选购和注意事项 …… 17

★★★ 指针万用表使用从入门到精通篇 ★★★

第二章 指针万用表电阻挡使用轻松入门 …… 24
第一节 指针万用表电阻挡的基本操作 …… 24
第二节 指针万用表电阻挡在路测量元器件技巧 …… 29
第三节 指针万用表电阻挡非在路测量元器件技巧 …… 53

第三章 指针万用表电压挡使用轻松入门 …… 88
第一节 指针万用表直流电压挡使用轻松入门 …… 88
第二节 指针万用表交流电压挡使用轻松入门 …… 94

第四章 指针万用表其他功能挡使用轻松入门 …… 98
第一节 指针万用表通断测量挡使用轻松入门 …… 98
第二节 指针万用表直流电流挡使用轻松入门 …… 103
第三节 指针万用表 h_{FE}、红外发光二极管挡使用轻松入门 …… 105

★★★ 数字万用表使用从入门到精通篇 ★★★

第五章 数字万用表电阻挡使用轻松入门…… 110
第一节 数字万用表电阻挡使用基础 …… 110

第二节　数字万用表电阻挡在路测量元器件技巧 …… 112
第三节　数字万用表电阻挡非在路测量元器件技巧 …… 116

第六章　数字万用表二极管挡使用轻松入门…… 135
第一节　数字万用表二极管挡使用基础 …… 135
第二节　数字万用表二极管挡在路测量元器件技巧 …… 136
第三节　数字万用表二极管挡非在路测量元器件技巧 …… 144

第七章　数字万用表通断测量挡使用轻松入门…… 163
第一节　数字万用表通断测量挡在路测量元器件技巧 …… 163
第二节　数字万用表通断测量挡非在路测量元器件技巧 …… 165

第八章　数字万用表电容挡使用轻松入门…… 173
第一节　数字万用表电容挡使用基础 …… 173
第二节　数字万用表电容挡在路测量元器件技巧 …… 175
第三节　数字万用表电容挡非在路测量元器件技巧 …… 177

第九章　数字万用表电压/电流挡使用轻松入门 …… 183
第一节　数字万用表直流电压挡使用轻松入门 …… 183
第二节　数字万用表交流电压挡使用轻松入门 …… 186
第三节　数字万用表直流电流挡使用轻松入门 …… 189
第四节　数字万用表交流电流挡使用轻松入门 …… 191
第五节　数字万用表的其他测量功能使用轻松入门 …… 192

第十章　万用表常见故障分析与检修…… 195
第一节　指针万用表常见故障分析与检修 …… 195
第二节　数字万用表常见故障分析与检修 …… 199
第三节　万用表的典型故障检修 …… 204

万用表使用
基础知识篇

第一章

万用表使用的基础知识

万用表也称多用表，是万用电表的简称，它具有多种测量功能，操作简单，且携带方便等，已成为应用最广泛的电工、电子测量仪表之一。对于广大电工、家电维修、办公设备、通信设备、汽车维修等从业人员，尤其是电工、电子初学者和无线电爱好者来说掌握万用表的使用方法和技巧，是快速判断元器件好坏、检测电气设备线路（或电路）是否正常的基础。学习本章内容，不仅可以了解如何选购万用表，而且会掌握万用表基本原理、使用方法和注意事项等方面的知识。

第一节　万用表的分类和测量原理

一、万用表的分类 ★★★

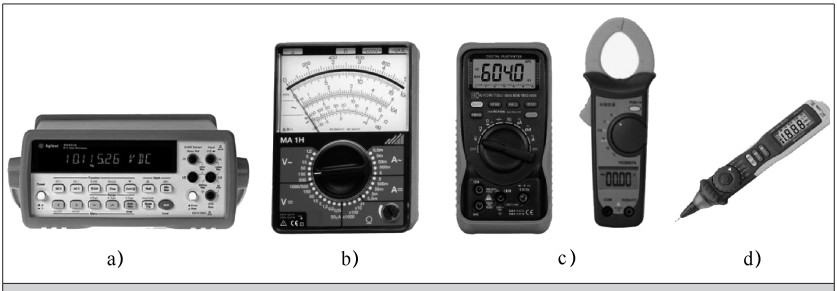
万用表种类较多，下面根据它的实物外形、显示方式和测量功能分类。

★ 1. 按实物外形分类

万用表按实物外形主要可以分为台式、手持式、钳式、笔式等多种，如图 1-1 所示。

台式万用表属于高精度万用表，多应用在科研、工厂、通信等专业性比较高的领域。

钳式万用表也叫叉形万用表或卡式万用表，多应用在电工领域和制冷维修领域。



a)　b)　c)　d)

图 1-1　常见的万用表实物外形

a）台式　b）手持式　c）钳式　d）笔式

笔式万用表也叫袖珍万用表，它也多应用在电工领域和制冷维修领域。

手持式万用表是目前最常用的万用表，它广泛应用在电子、电工的不同领域。

★ 2. 按显示方式分类

万用表按显示方式可分为表盘显示和显示屏显示两种。

（1）表盘显示方式

表盘显示方式还需要指针配合完成，所以此类万用表也叫指针万用表，并且此类万用表的测量功能是通过机械系统完成，所以也叫机械型万用表。目前，常见的指针万用表有 MF47、MF50、MF110、MF500 等型号，如图 1-2 所示。

a）　b）

图 1-2　常见的表盘显示方式万用表实物外形

a）双旋钮　b）单旋钮

表盘显示方式的万用表根据功能转换旋钮（也称功能/量程开关

或功能转换开关）又可分为单旋钮型万用表和双旋钮型万用表两类。常见的单旋钮型万用表有 MF30、MF47 等，而常见的双旋钮型指针万用表为 MF500 型万用表。目前，单旋钮型万用表是主流产品。

（2）显示屏显示方式

显示屏显示方式的万用表通过数字电路完成，所以此类万用表也叫数字万用表或数字多用表（DMM）。目前，常见的数字万用表有 DT9205、MS8228、UT171E 等。此类万用表按功能操作方式又可以分为旋钮操作方式和按键操作方式两类。常见的显示屏显示方式万用表实物外形如图 1-3 所示。

a）　　b）

图 1-3　常见的显示屏显示方式万用表实物外形

a）旋钮操作方式　b）按键操作方式

提　示

数字万用表根据显示位数通常可分为 3 位半、4 位半、5 位半、6 位半等多种。另外，数字万用表按照功能/量程开关的转换方式进行分类，还可分为手动转换（MANRANGZ）、自动转换（AUTORANGZ）、自动/手动转换（AUTO/MANRANGZ）三种。

★ 3. 按测量功能分类

万用表按测量功能可分为普通型万用表和多功能型万用表两类。

（1）普通型万用表

普通型万用表只能测量电阻、电压、电流，所以也叫三用表，并且电流挡测量的电流容量较小。常见的 MF500 型就属于此类万用表。

（2）多功能型万用表

早期的多功能万用表仅增加了大电流测量、晶体管放大倍数测量功能，如 MF30 和早期的 MF47 型万用表。后期的多功能型万用表还增加了通路/断路测量功能、电容测量、电源欠电压（电池电量不足）提示功能、自动延迟关机功能，部分新型多功能万用表还设置了行电压、音频电平、温度、电感量、频率测量和红外信号检测（遥控器检测）等功能，并且多功能型万用表的保护功能也越来越完善。

二、指针万用表的构成与工作原理 ★★★

★ 1. 指针万用表的构成

（1）外部构成

指针万用表外部由外壳、电磁系表头（也称磁电系表头）、功能/量程旋钮（也称功能/量程转换开关）、欧姆调零旋钮、表笔插孔、晶体管插孔等构成，如图 1-4 所示。

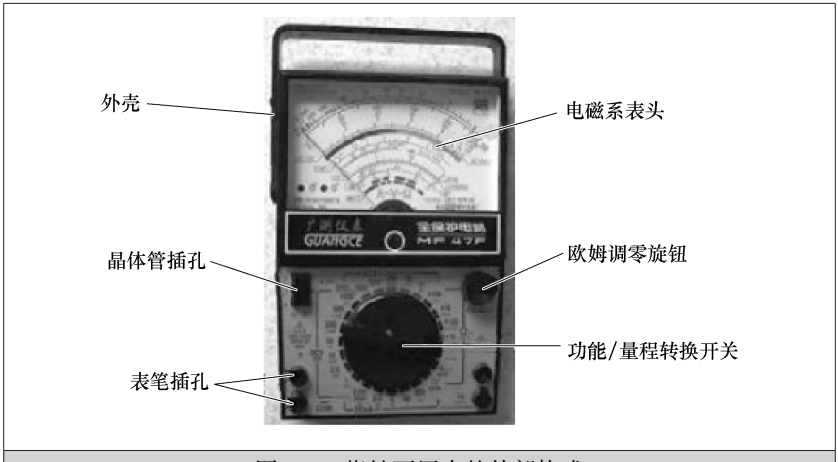


图 1-4　指针万用表的外部构成

（2）内部构成

指针万用表内部由电磁系表头、电路板、电池等构成，如图 1-5 所示。

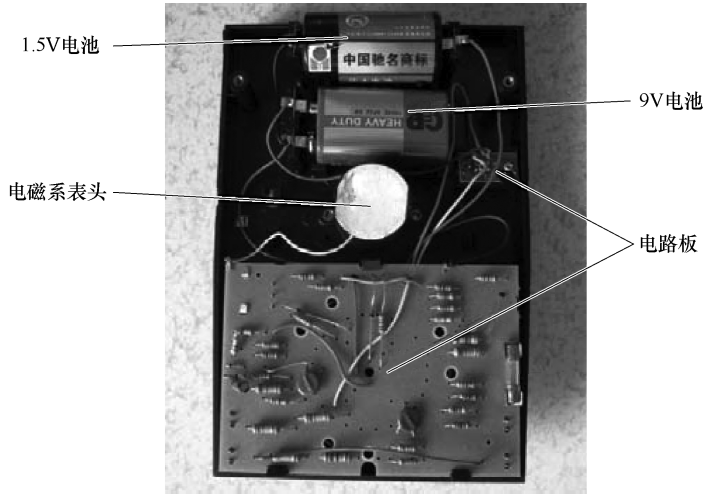


图 1-5　指针万用表的内部构成

1）表头。**表头由电磁系统（磁铁、线圈、游丝）和表针（指针）构成，**如图 1-6 所示。**有微弱的电流通过线圈后，它就会产生磁场，控制表针从左侧向右侧偏转。电流越大，偏转角度也越大。**因线圈采用线径较细的漆包线绕制，所以需要通过电阻降压限流为它供电，才能获得较大的量程范围和较多的测量项目。

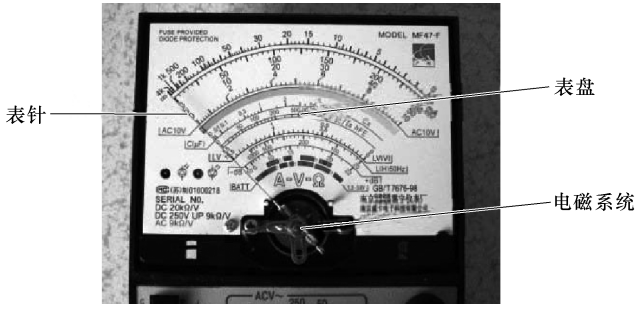


图 1-6　指针万用表表头的构成

2）表盘。**表盘上有大量的符号和多条刻度线。**图 1-7 所示是 MF500 型万用表的表盘。

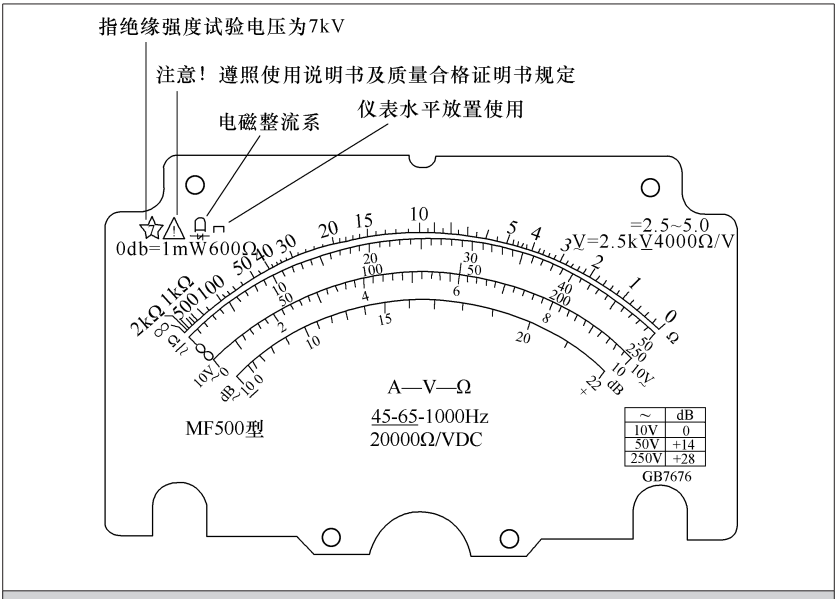


图 1-7　MF500 型万用表表盘

第 1 条刻度线（标尺）刻度线是电阻挡的读数，它的右端为 0，左端为“无穷大（∞）”，所以读数要从右向左读，也就是表针越靠近右端，数值越小。

第 2 条刻度线是交流、直流电压及直流电流的读数，它的左端为 0，右端为最大值，所以读数要从左向右读，也就是表针越靠近右端，数值越大。如果量程开关的位置不同，即使表针在同一位置，数值也是不同的。

第 3 条刻度线是为了提高 0 ~ 10V 交流电压读数精度而设置的，它的左端为 0，右端为 10V，所以读数要从左向右读，也就是表针越靠近右端，数值越大。

第 4 条刻度线是分贝的读数，它的左端为 –10dB，右端为 +22dB，所以读数要从左向右读，也就是表针越靠近右端，数值越大。

3）电路板。电路板上不仅有大量的电阻、电容、电感等电子元器件，还安装了功能/量程转换开关，如图 1-8 所示。

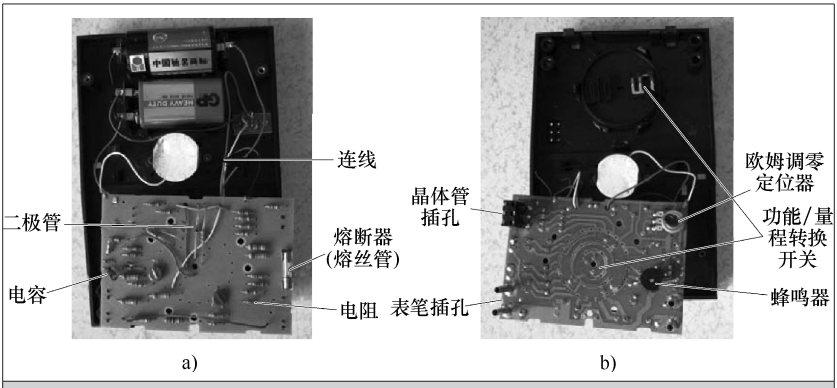


图 1-8　MF47F 型万用表电路板构成

a）背面　b）正面

★ 2. 指针万用表的测量原理

指针万用表的基本测量电路如图 1-9 所示。

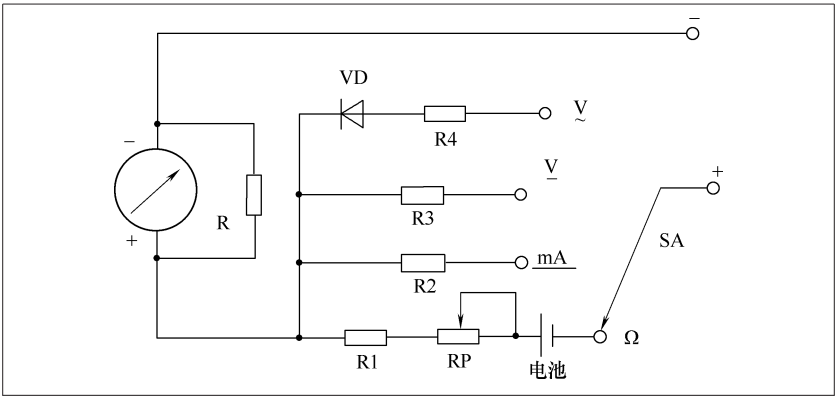


图 1-9　指针万用表的基本测量电路

测量交流电压时，将功能/量程转换开关 SA 置于交流电压挡 $\underset{\sim}{V}$ 的位置，交流电压通过 R4 限流，再通过二极管 VD 半波整流，为表头的线圈供电，控制表针摆到相应的刻度位置。

测量直流电压时，将功能/量程转换开关 SA 置于直流电压挡 $\underline{V}$ 的位置，直流电压通过 R3 限流，为表头的线圈供电，控制表针摆到相应的刻度位置。

测量直流电流时，将 SA 置于直流电流挡 mA 的位置，直流电流通过 R2 限流，为表头的线圈供电，就会控制表针摆到相应的刻度位置。

测量电阻时，将 SA 置于电阻挡 Ω 的位置，此时表内的电池通过电阻挡调零电位器 RP、限流电阻 R1、表头线圈和被测电阻 R 构成的回路为表头的线圈供电，就会控制表针摆到相应的刻度位置。

提　示

由于被测电阻 R 的阻值不同，所以为表头线圈提供的电流是非线性的。因此，表盘上的刻度为了真实地反映出被测电阻的阻值，刻度的排列是不均匀的。

三、数字万用表的构成与工作原理 ★★★

★ 1. 数字万用表的构成

（1）外部构成

数字万用表外部由外壳、液晶显示屏、多功能旋钮、电源开关、插孔、表笔等构成，如图 1-10 所示。

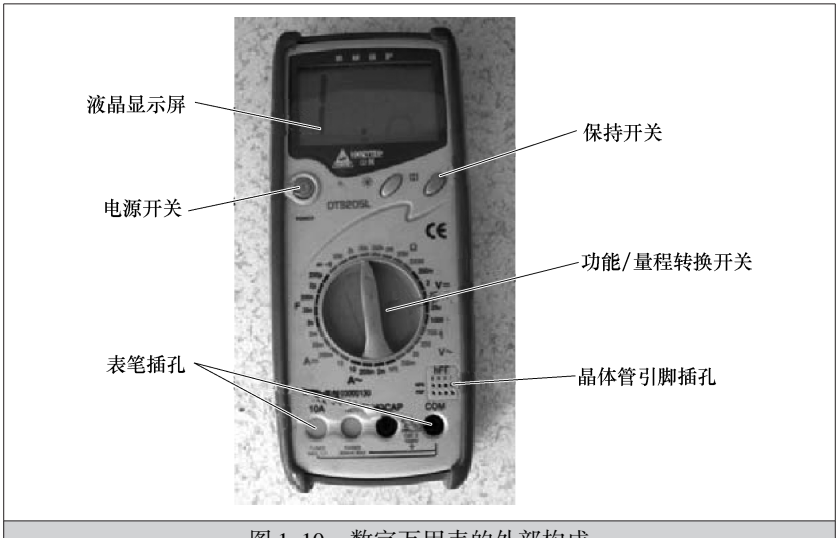


图 1-10　数字万用表的外部构成

（2）内部构成

数字万用表内部由显示屏、电路板、功能/量程转换开关等构成。电路板实物如图 1-11 所示，电路框图如图 1-12 所示。其中，输入电路、A-D 转换器属于模拟电路。而计数器、逻辑控制电路、时钟发生器、显示屏属于数字电路部分。

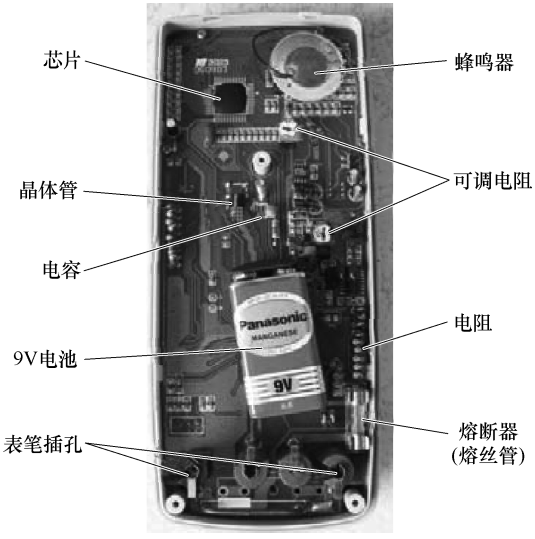


图 1-11　数字万用表的内部实物构成

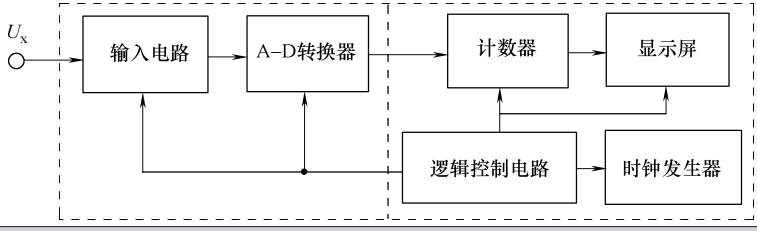


图 1-12　数字万用表的构成框图

★ 2. 数字万用表的分类与测量原理

数字万用表按 A-D 转换器的不同可分为逐次逼近比较式、双积

分式和复合式三种。下面分别介绍它们的测量原理。

（1）逐次逼近比较式

典型的逐次逼近比较式数字万用表由比较器、D-A 转换器、基准源（基准电压发生器）、脉冲分配器、时钟脉冲发生器（振荡器）、数码寄存器、显示屏等构成，如图 1-13 所示。

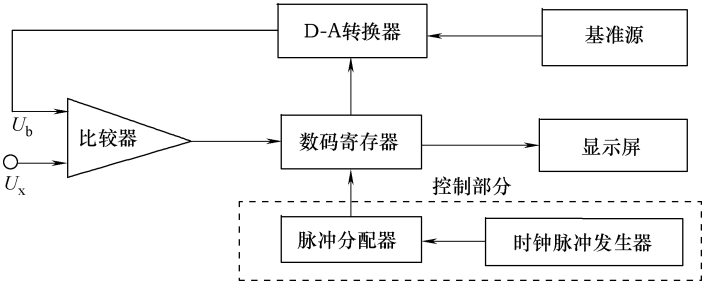


图 1-13　典型的逐次逼近比较式数字万用表构成框图

此类万用表在测量时，需要通过多次比较，才能完成检测信号的识别和处理。例如，在测量 1.893V 电压值时，它的比较程序如图 1-14所示。

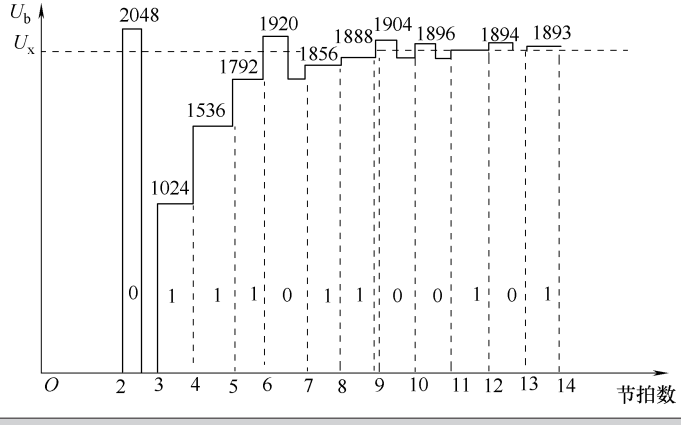


图 1-14　逐次逼近比较过程

（2）双积分式

典型的双积分式数字万用表由积分器、零比较器、功能/量程转

换开关、控制逻辑（CPU）、闸门、计数器、时钟脉冲（振荡器）、寄存器、译码器、显示屏等构成，如图 1-15 所示。

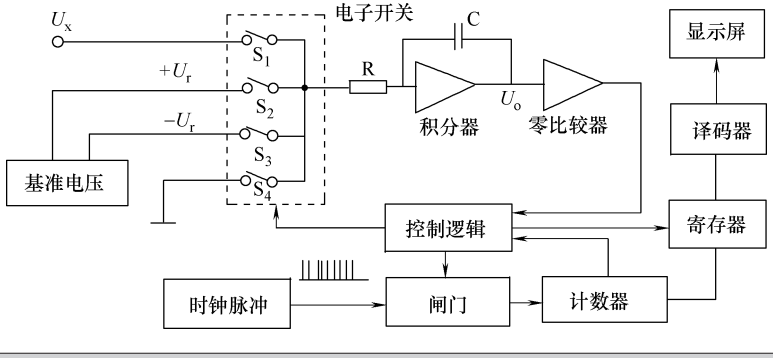


图 1-15　典型的双积分式数字万用表构成框图

此类万用表测量时，需要通过准备阶段、取样阶段、比较阶段才能完成检测信号的识别和处理。它的信号处理原理如图 1-16 所示。

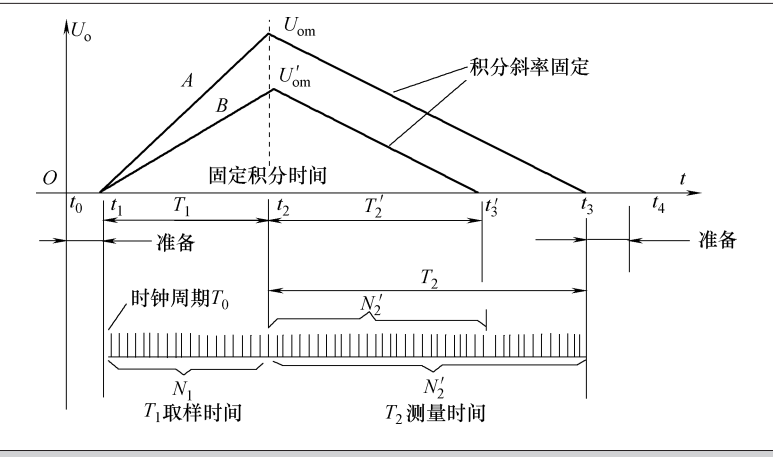


图 1-16　双积分 A-D 转换器的处理原理

（3）复合式

典型的复合式数字万用表由信号调节器、A-D 转换器、DC-DC 变换器、时钟振荡器、功能/量程转换开关、逻辑控制电路（CPU）、

计数器、显示屏等构成，如图 1-17 所示。由于此类万用表的功能全，目前的数字万用表多采用此类方式。

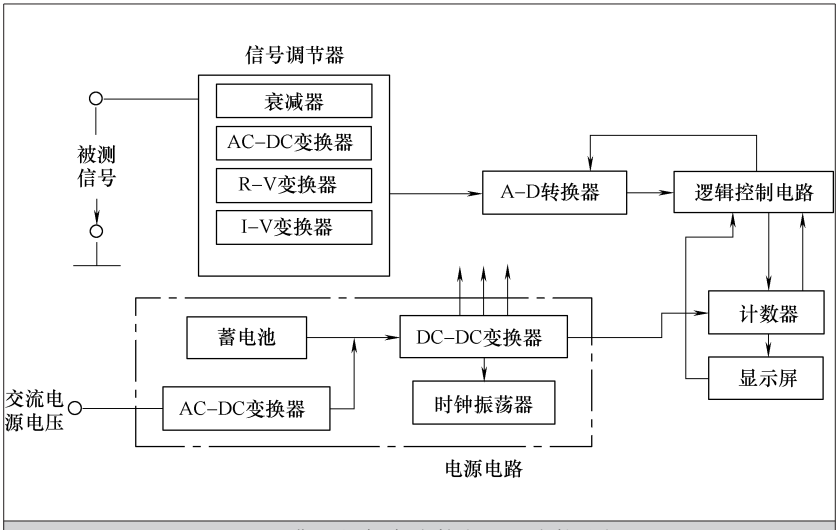


图 1-17　典型的复合式数字万用表构成框图

第二节　指针万用表的特点、选购和注意事项

一、指针万用表的特点 ★★★

指针万用表的特点如下：

1）内部结构简单，成本较低，维护简单，过电流、过电压能力强。

2）**灵敏度高，测量时可以快速显示测量结果，并且通过表针的摆动，就可以判断所测电压是否过电压，方便直观。**

3）**指针万用表 R ×1 挡输出的电流较大，便于测试晶闸管（可控硅）、场效应晶体管、扬声器、蜂鸣器等元器件。**

二、指针万用表的选购 ★★★

选购指针万用表主要考虑以下几方面。

★ 1. 外观

首先可根据需要选择万用表整体的大小，**一般家电维修人员、电子电工爱好者如果经常要带着万用表外出，可选择功能较强且体积相对较小的万用表，如 MF47、MF50 及胜利 VC3021 等型号万用表**；如果普通电工、制冷维修人员对功能多少和精确度要求不高，仅要求体积小巧，携带方便，可选择袖珍型的万用表，如 MF110 等型号万用表或钳形、笔形万用表；如果不需要外出携带，而且需要较高的准确度，可选择 MF500、MF10、MF14 型等体积大一些的万用表。

选择外观时，万用表的表盘罩最好是玻璃的，因玻璃透明度好，而不会像塑料那样容易被磨花。

★ 2. 机械性能

在检查机械传动机构时主要从以下三方面来考虑。

1）**平衡特性，即把万用表平着放、立着放，表针静止的位置差别越小越好**，如图 1-18 所示。

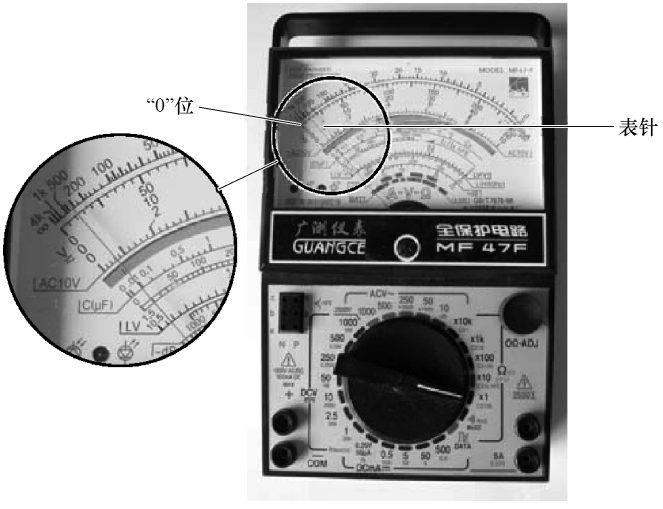
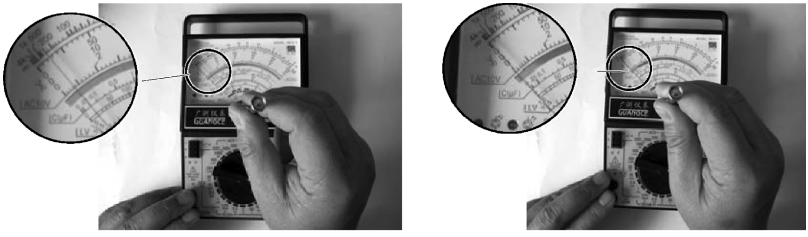


图 1-18　指针万用表平衡性能检查

提　示

若表针在未使用时的位置不能在左侧的 0 位置，如图 1-19a 所示，则需要调 0。此时，用“一”字螺丝刀调节面板上的调零旋钮，使表针回到 0 位置上，如图 1-19b 所示。



a)　　b)

图 1-19　指针万用表表针复位的调整
a）调整　b）复零

2）**阻尼特性，表针向右摆动时应平稳、缓慢。**

3）旋转功能/量程旋钮时要清脆有力，定位要准确，如图 1-20 所示。

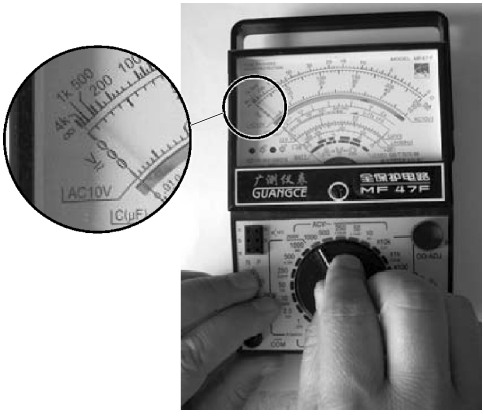


图 1-20　指针万用表功能/量程旋钮检查

★ 3. 万用表的功能

通常是，万用表的功能越多越好，但一般情况下，选择自己够用的功能就可以了。一般电工维修、制冷维修人员选择具有电阻挡、直流/交流电压挡、直流/交流电流挡的万用表就可以了。如果用于家电、通信维修，则要选择功能多一点的万用表，并且电阻挡应设有 R×1、R×10、R×100、R×1k、R×10k 五个量程。另外，最好还能有测量晶体管的直流放大倍数 h_{FE} 挡和通断测量挡，这样使用起来会更方便些。

★ 4. 测量万用表的准确度

在选择购买万用表时还应检测万用表的准确度。选购时，应选购准确度高的万用表，**最起码也要选择电阻挡、电压挡和电流挡准确度高的万用表**。

在购买指针万用表时，可以借助测量已知量的方法（如电阻、电容、电池电压、交流电压等）对需要购买的指针万用表的测量功能进行检测，确认性能优良后再购买。

三、指针万用表的使用注意事项 ★★★

使用指针万用表时应注意的事项如下：

1）**使用或携带时，不能摔、振动指针万用表，也不能被钳子、螺丝刀等硬物刮碰表盘罩**，以免损坏表盘或万用表。

2）**应在无强磁场的条件下使用指针万用表**，否则会导致测量误差过大。

3）**在使用万用表测量较高的直流/交流电压过程中，不能用手去接触表笔的金属部分**，以免被电击；在测量大阻值电阻时，也不能用手碰到表笔的金属部分，以免测量的阻值低于标称值。

4）**测量电流与电压时不能旋错功能/量程开关的挡位**，否则就容易损坏万用表。另外，也**不能在测量的同时旋转功能/量程旋钮，尤其是在测量高电压或大电流时，更不能旋转**，以免产生的电弧烧毁开关触点。如果需要切换挡位，应先拿开表笔，再旋转功能/量程旋钮，切换好挡位后再测量。

5）不清楚被测电压或电流值大小时，应先用最高挡，然后再根据测量的结果选择合适的挡位，以免表针偏转过大将表笔打弯或损坏表头。不过，所选用的挡位越接近被测值，测量的数值就越准确。

6）测量直流电压和直流电流时，注意表笔的“+”、“-”极性，不要接错。如果发现表针反转，应立即停止测量并调换表笔后再测量，以免打弯表针，甚至损坏表头等元器件。

7）使用完万用表后，应旋转功能/量程旋钮，将挡位置于交流电压的最高挡位。如果长期不使用万用表，应将电池取出来，以免电池漏液腐蚀表内电池座簧片等元件。

第三节　数字万用表的特点、选购和注意事项

一、数字万用表的特点 ★★★

与指针万用表相比，**数字万用表的主要优点是量程范围宽、精确度高、测量速度快、输入阻抗高（一般可达或高于10MΩ）**。它的特点如下。

★ 1. 采用数字化测量技术

数字万用表采用数字化测量技术，通过A-D转换器将被测的模拟量转换成数字量，最终以数字量输出。只要仪表不发生跳数现象，测量结果就是唯一的，**既保证了读数的客观性与准确性，又符合人们的读数习惯**，显示结果一目了然，它不会像指针万用表（VOM）那样，出现人为的测量误差。

★ 2. 液晶显示器（LCD）

早期的数字万用表多采用高12.5mm的液晶显示器（LCD）。**目前的数字万用表为提高清晰度，多采用字高18mm的大屏幕LCD**，如DT940C、DT960T、DT970、DT980、DT9205型等采用字高25mm（1in）的超大屏幕LCD。

新型数字万用表大多增加了功能标志符，如单位符号mV、V、kV、μA、mA、A、Ω、kΩ、MΩ、nS、kHz、pF、nF、μF，测量项

目符号 AC、DC、LOΩ、MEM，特殊符号 LO BAT（低电压符号）、H（读数保持符号）、AUTO（自动量程符号）、×10（10 倍乘符号）、·))（蜂鸣器符号）。

★ 3. 测试功能多

数字万用表的测试功能要比指针万用表多很多，不仅可以测量直流电压（DCV）、交流电压（ACV）、直流电流（DCA）、交流电流（ACA）、电阻（Ω）、PN 结导通压降（V_F）、晶体管共发射极电流放大系数（h_{FE}），还可以测量电容量（C）、电导（S）、温度（T）、频率（f）、线路通断、低功率法测电阻挡（LOΩ）。

新型数字万用表除了具有上述功能外，还有一些实用测试功能：自动关断电源（AUTO OFF POWER）、读数保持（HOLD）、逻辑测试（LOGIC）、真有效值测量（TRMS）、相对值测量（REL △）液晶条图显示（LCD Bargraph）、峰值保持（PK HOLD）等。另外，部分数字万用表还能输出 50Hz 方波信号，可用作低频信号源。

提　示

PN 结导通压降通常采用二极管符号，所以俗称为二极管挡。通断测量挡通常附加在 PN 结压降测量挡或电阻挡上。为了便于使用，通断测量挡设置了蜂鸣器，所以也被俗称为蜂鸣器挡。

★ 4. 测量范围宽

目前，**新型数字万用表的测量范围比指针万用表宽了许多**，如电阻挡（Ω）的测量范围为 0.01 ~ 20MΩ（或 200MΩ）；直流电压挡（DCV）的测量范围为 0.2 ~ 1000V；交流电压挡（ACV）的测量范围为 0.01 ~ 700V（或 750V）；频率挡（f）的测量范围为 10Hz ~ 20kHz（或 200kHz）。

★ 5. 准确度高

数字万用表的准确度（也叫精确度、精度）远高于指针万用表。这是因为数字万用表的准确度是测量结果中系统误差和随机误差的综合，它表示测量结果与真值（标准值）的一致程度，反

映测量误差的大小。一般情况下，准确度越高，测量误差就越小。反之亦反。

★ 6. 分辨力高

指针万用表的分辨力是用其刻度最小分度（或按指针宽度和刻度宽度）来衡量的，而数字万用表的分辨力是其最低电压量程上末位一个字所对应的电压值。例如，指针万用表最低电压量程为 1V，按 50 格计算，其分辨力约为 0.02V（20mV），而 3 位半的数字万用表最低电压量程为 200mV，其分辨力则为 0.1mV。因此，数字万用表的电压分辨力远高于指针万用表的分辨力。

数字万用表的分辨力也可以用分辨率来表示。分辨率是指所能显示的最小数字（零除外）与最大数字之比，通常用百分数表示。例如，3 位半数字万用表可显示的最小数字为 1，最大数字为 1999，则分辨率为 1/1999≈0.05%。

提　示

由于分辨力代表数字万用表对微小电量的“识别”能力，即“灵敏性”，所以不能将分辨力与准确度混为一谈。

★ 7. 测量速率快

每秒内对被测电量的测量次数叫做测量速率（亦称抽样速率），单位是“次/s”。它主要取决于数字万用表 A-D 转换器的转换速率。例如，4 位半数字万用表的测量速率可达 20 次/s。测量速率随数字万用表的显示位数增加而增加，许多万用表都可以超过几十次每秒。

测量速率与准确度互相矛盾，也就是准确度越高，测量速率就越低。实际应用中，通常采用增设快速测量挡或通过降低显示位数来提高测量速率。由于后者几乎在不影响准确度的情况下，就可以大幅度提高测量速率，所以应用得比较普遍。

★ 8. 输入阻抗很高

数字万用表的输入阻抗是指其处于工作状态下，表笔所接输入

电路的等效阻抗。一般情况下，数字万用表的输入阻抗较大，保证在测量过程中，对被测电路的分流电流极小，而不影响被测电路（或信号源）的工作状态，以减小测量误差。

3 位半数字万用表直流电压（DCV）基本量程挡的输入电阻一般为 10MΩ；其他扩展量程，由于分压器的影响则有所降低，但也都在 $10^7\Omega$ 数量级。交流电压（ACV）挡受输入电容的影响，其输入阻抗明显低于直流电压（DCV）挡，只适用于测量低频、中频的交流电压。而测量高频交流电压时，需安装配套的高频探头后，才能进行测量。

★ 9. 集成度高

数字万用表均采用单片 A-D 转换器，外围电路比较简单，只需要少量辅助芯片以及其他元器件。近年来，不断开发出单片数字万用表专用芯片，采用一块芯片就可构成功能较完善的自动量程式数字万用表。

★ 10. 微功耗

因数字万用表普遍采用大规模集成电路型 A-D 转换器，所以整机功耗极低。新型数字万用表的功耗仅为几十毫瓦，仅采用 9V 叠层电池供电。

★ 11. 抗干扰能力强

噪声干扰大致分两类，一类是串模干扰，干扰电压与被测信号串联加至仪表的输入端；另一类是共模干扰，干扰电压是同时加于仪表的两个输入端。衡量仪表抗干扰能力的技术指标也有两个，即串模抑制比（SMRR）和共模抑制比（CMRR）。数字万用表的共模抑制比可达 86～120dB。

★ 12. 过载能力强

数字万用表具有较完善的保护电路，过载能力强，使用过程中只要不超过规定的极限值，即使出现误操作，例如用电阻挡去测量 220V 交流电压，一般也不会损坏表内的大规模集成电路（A-D 转换器）。不过，使用时还应力求避免误操作，以免由于熔断器、功能/量程转换开关等元器件损坏而影响正常使用。

二、数字万用表的选购 ★★★

由于数字万用表的体积较小，所以选购数字万用表时，除了像选购指针万用表一样，考虑功能/量程转换旋钮的机械性能外，还要考虑准确度、分辨力、位数这些参数。

在购买数字万用表时，也和购买指针万用表一样，借助测量已知量的方法（如电阻、电容、电池电压、交流电压等）对需要购买的数字万用表的测量功能进行检测，确认性能优良后再购买。

三、数字万用表的使用注意事项 ★★★

使用数字万用表时应注意的事项如下：

1）如果无法预先估计被测电压或电流的大小，则应先拨至最高量程挡测量一次，再根据实际情况逐渐把量程减小到合适位置。测量完毕，应将量程开关拨到最高电压挡，并关闭电源开关。

2）**超过测量的量程范围时，显示屏上显示溢出值 1 或 OL**，其他位均消失，这时应选择更高的量程。

3）**测量电压时，应将数字万用表与被测电路并联。测电流时应与被测电路串联**。测量时不必考虑正、负极性。

4）**当误用交流电压挡去测量直流电压，或者误用直流电压挡去测量交流电压时，显示屏将显示“000”，或低位上的数字出现跳动**。

5）测量时，**不能用将显示屏对着阳光直晒，否则不仅会导致测试的数值不清晰，而且会影响显示屏的使用寿命，并且不使用的万用表也不要在高温的环境存放**。

6）**禁止在测量高电压（220V 以上）或大电流（0.5A 以上）期间旋转功能/量程开关的旋钮**，以防止产生电弧，烧毁功能/量程开关的触点。

7）**显示屏显示“⊐”、“BATT”或“LOW BAT”字符时，说明电池电压不足**，需要更换电池。

8）测量电容容量时，一是将电容插入专用的电容测试座中，而不要插入表笔插孔内；二是注意每次转换量程时都需要一定的复零时间，待复零结束后再插入待测的电容；三是测量大电容时，显示

屏显示稳定的数值需要一定的时间。

注意

若被测电容有残存电压，需要将其放掉后才能检测，以免损坏万用表。

提　示

目前，新型数字万用表不再设置电容测量插孔，而直接用表笔接电容的引脚就可以测出电容的容量。

指针万用表使用从入门到精通篇

本篇详细介绍了指针万用表的使用方法与技巧，这些无论对于初学者，还是对于电工、电子从业人员都是极为重要的。

第二章

指针万用表电阻挡使用轻松入门

指针万用表的电阻挡不仅可通过测量元器件的非在路阻值、在路阻值，判断元器件是否正常，而且在测量扬声器、蜂鸣器、红外发光二极管、晶闸管、光耦合器等特殊元器件时，还可以提供导通电流，模拟它们的工作状态。

第一节　指针万用表电阻挡的基本操作

一、安装表笔 ★★★

下面以常见的 MF47F 型指针万用表为例介绍指针万用表电阻挡的基本操作知识。如图 2-1 所示，MF47F 型万用表的面板上有 + 、 -（COM）、

图 2-1　MF47F 型指针万用表面板上插孔位置

5A 和 2500V 4 个插孔，使用电阻挡测量时，应将红表笔（正表笔）插入 + 插孔内，将黑表笔（负表笔）插入 COM 插孔内，如图 2-2 所示。

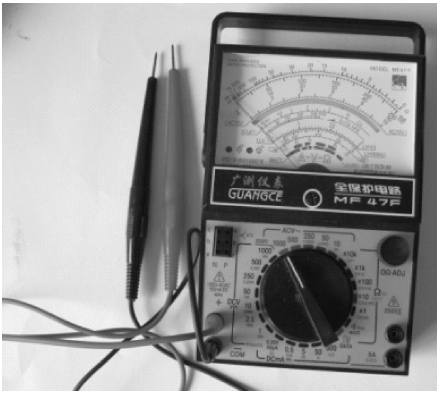


图 2-2　MF47F 型指针万用表使用电阻挡时表笔的安装

提　示

部分指针万用表的黑表笔的插孔用“ * ”做标记。

二、抓握表笔的方法 ★★★

抓握表笔通常有单手抓握和双手抓握两种方法。这两种抓握方法可根据测量环境和被测的元器件不同灵活使用。

★ 1. 单手抓握

单手抓握就像抓握筷子一样，如图 2-3 所示。**单手抓握表笔的优点是：一只手就可以进行测量，另一只手可以完成其他工作**。但也存在测量过程中，表笔容易出现接触不良或滑脱，导致测量数据可能有误，甚至发生短路的缺点。

★ 2. 双手抓握

双手抓握就是每只手各一根表笔，如图 2-4 所示。**双手抓握表笔的优点是：表笔不容易出现接触不良或滑脱的现象，测量数据可靠性高**。但也存在测量时不能做其他工作的缺点。

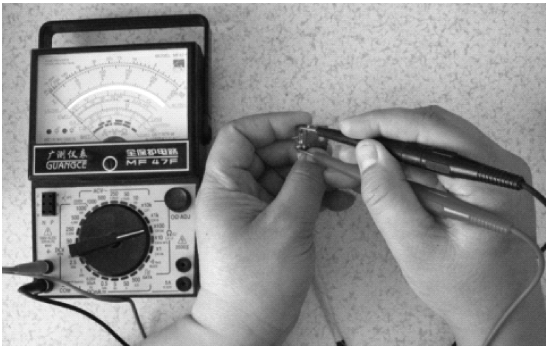


图 2-3　单手抓握表笔示意图

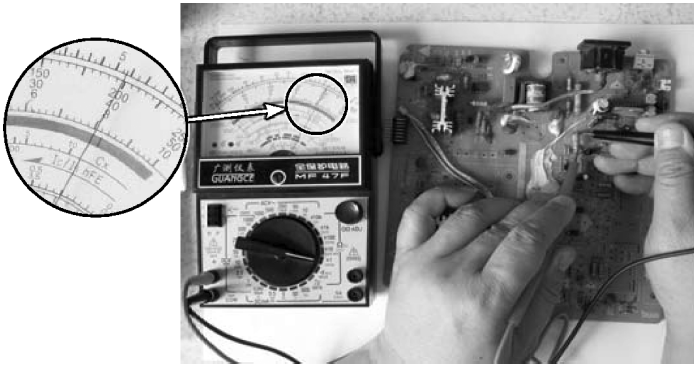


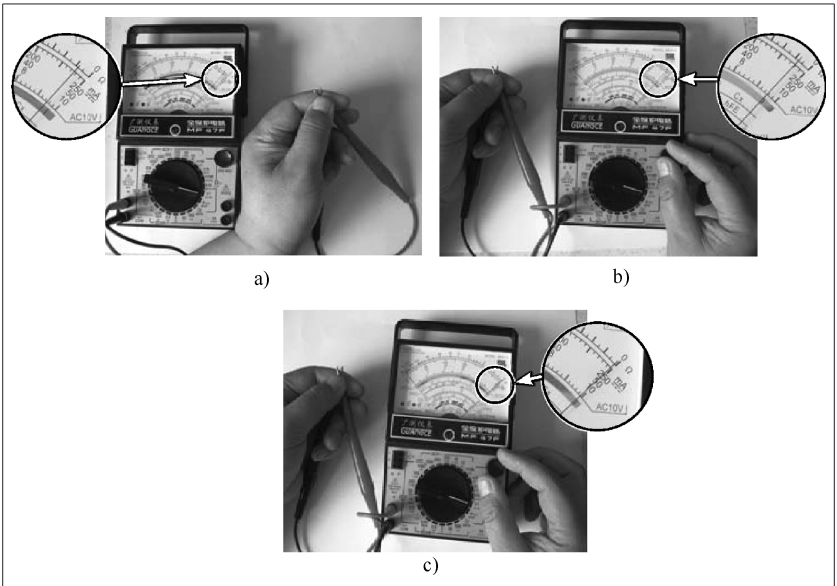
图 2-4　双手抓握表笔示意图

三、欧姆调零 ★★★

使用电阻挡测量前，应对接表笔，查看表针能否指在 0 的位置。若不能，如图 2-5a 所示，此时，用手旋转面板上的 Ω 旋钮，使表针右旋到 0 的位置，如图 2-5b 所示。若变换电阻量程（挡位）时，需要再次进行调零。

提　示

若 R×1、R×10、R×100、R×1k 电阻挡不能调零，则应该检查万用表内的 1.5V 电池的容量是否不足；若 R×10k 挡不能调零，则应该检查万用表内的 9V 或 15V 电池的容量是否不足。



a)　　b)

c)

图 2-5　指针万用表的电阻挡调零

a）偏离　b）调整　c）复零

四、量程选择与阻值读取方法 ★★★

★ 1. 量程选择

测量小阻值电阻、二极管、晶体管、场效应晶体管、晶闸管、变压器等元器件时，应采用 R×1、R×10 挡，旋转功能/量程开关到 R×1 或 R×10的位置即可，如图 2-6 所示。而测量大阻值电阻时，应采用相应的挡位。选择合适的测量挡位，让表针停留在刻度盘的 1/3～2/3 的范围内，不仅可以测得准确的阻值，而且更便于读取阻值。

图 2-6　量程开关置于 R×1 挡位置示意图

★ 2. 阻值的读取

若采用 R×1 挡测量未知电阻，则表针停留位置的数值，就是电阻的阻值；若采用 R×10 挡测量，则表针指示位置的数值，再乘以 10，就是被测电阻的阻值。以此类推，采用 R×100 时，则表针指示的数值乘以 100，R×1k 挡测量的阻值则是乘以 1000。例如，测量电阻、晶体管等元器件的电阻值时，若表针停在第一条标尺 13 位置，如图 2-7 所示。当转换功能开关置于 R×1 挡时，读数为 13Ω；

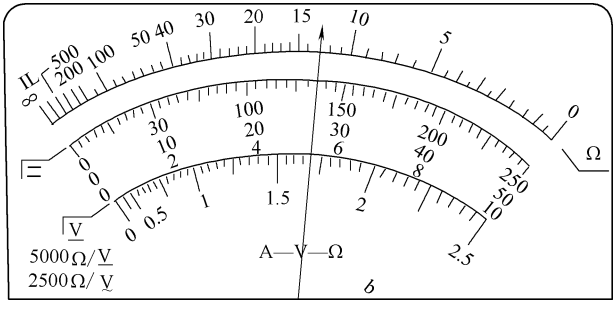


图 2-7　电阻挡读数示意图

转换功能开关置于 R×10 挡时，读数为 130Ω；转换功能开关置于 R×1k挡时，读数为 13kΩ。

第二节　指针万用表电阻挡在路测量元器件技巧

电阻挡的在路测量阻值法就是通过测量电路板上电阻、熔断器、二极管、晶体管、晶闸管、场效应晶体管、变压器、电机、光耦合器、开关等元器件的阻值，判断它们是否正常的方法。掌握并合理地运用该方法，可使检修工作事半功倍。

提　示

采用在路测量阻值判断元器件时，应注意几点：①必须要在断电的条件下进行，否则可能会导致被测元器件损坏，也可能会导致万用表损坏；②若被测元器件与晶体管、二极管、电阻、电感等元器件并联，则可能会导致检测的数值低于标称值，应通过非在路测量法进一步确认；③在路测量开关电源热地部分的开关管等元器件时，应先确认 300V 供电滤波电容是否存储电压，若存储较高的电压，需将存储的电压释放后，才能采用电阻挡在路测量开关管等元器件，否则轻则会导致开关管或万用表损坏，重则会发生触电事故。

一、电阻的在路测量 ★★★

电阻是电子设备内最基本的电子元器件，电阻在电路中通常起分压限流、温度检测、过电压保护等作用。它是一种可以阻止电流的电子元件，与其他元件并联时，电阻可以分流；与其他元件串联时，它可以分压。电阻包括普通电阻和敏感电阻两部分。**怀疑电路板上的电阻阻值增大或开路时，可采用指针万用表的电阻挡在路测量**。下面介绍电阻的在路检测方法。

★ 1. 普通电阻

（1）识别

普通电阻在电路中通常用字母“R”表示，电路符号如图 2-8 所示，常见的普通电阻实物如图 2-9 所示。

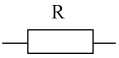


图 2-8　普通电阻在电路中的表示符号

a）　b）　c）　d）

图 2-9　常见的普通电阻实物图

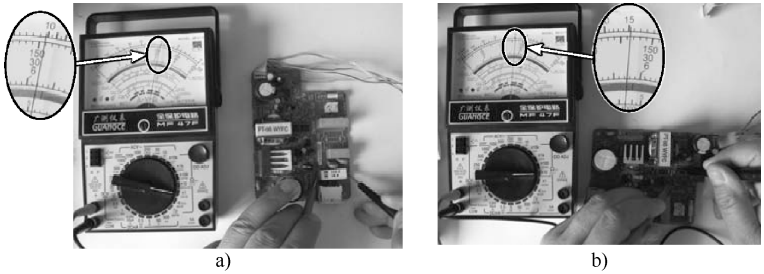
a）碳膜电阻　b）金属膜电阻　c）水泥电阻　d）贴片电阻

（2）普通电阻的测量

怀疑电路板上的电阻发生阻值增大或开路现象时，可采用指针万用表电阻挡在路对其进行测量，判断它是否正常。

需要在路测量电路板上的 10Ω 限流电阻是否正常时，先将指针万用表置于 R×1 挡，对其进行欧姆调零后进行测量，若表针停留在电阻标尺的位置是 10，则说明该电阻的阻值为 10Ω，如图 2-10a 所示。若测量的数值大于标称值，则说明该电阻的阻值增大或开路。

需要在路测量电路板上的 150Ω 限流电阻是否正常时，先将指针万用表置于 R×10 挡，对其进行欧姆调零后测量，若表针停留的位置是 15，则说明该电阻的阻值为 150Ω，如图 2-10b 所示。若测量的数值大于标称值，则说明该电阻阻值增大或开路。



a)　b)

图 2-10　用指针万用表在路检测普通电阻

提　示

电路中只有大阻值电阻串联时，才可以采用大阻值电阻挡对其进行在路检测。

★ 2. 敏感电阻

电路中应用的敏感电阻主要有热敏电阻、压敏电阻、湿敏电阻、烟敏电阻等。其中，最常用的是压敏电阻、热敏电阻，下面介绍热敏电阻和压敏电阻的识别。

（1）压敏电阻

压敏电阻是一种非线性元件，当它两端压降超过标称值后阻值会急剧变小。此类电阻在电子设备内主要用于市电过电压保护或防雷电保护。常见的压敏电阻实物外形和电路符号如图 2-11 所示。

图 2-11　压敏电阻的实物外形与电路符号
a）实物外形　b）电路符号

采用指针万用表测量压敏电阻时，用 R×1 或 R×10 挡，两个表笔接压敏电阻的引脚，就可以测出压敏电阻的阻值，如图 2-12 所示。若阻值较小，则说明它或与其并联的元器件损坏。一般情况下，压敏电阻击穿损坏后表面多会出现裂痕或黑点。

注意

许多电子产品的压敏电阻与电源变压器的一次绕组并联，由于变压器的一次绕组的阻值较小，所以测量时应采用 R×1 挡测量或悬空压敏电阻的一个引脚后，通过测量它的非在路阻值来确认它是否正常，以免误判。

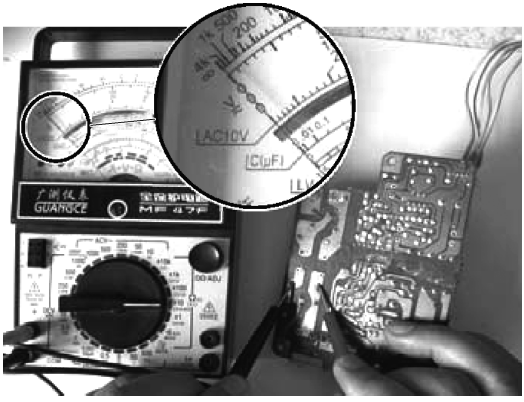


图 2-12　用指针万用表在路检测压敏电阻

（2）热敏电阻

热敏电阻就是在不同温度下阻值会变化的电阻。热敏电阻有正温度系数和负温度系数两种。正温度系数热敏电阻就是它的阻值随温度升高而增大；负温度系数热敏电阻的阻值随温度升高而减小。正温度系数热敏电阻主要应用在彩电、彩显的消磁电路或电冰箱压缩机起动回路。负温度系数的热敏电阻主要应用在供电限流回路或温度检测电路中。常见的热敏电阻外形如图 2-13 所示，电路符号如图 2-14 所示。

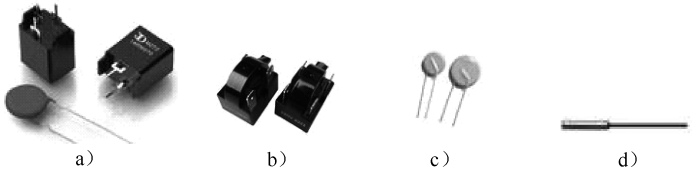


图 2-13　常见的热敏电阻外形

a）消磁电阻　b）起动器　c）限流电阻　d）温度检测电阻

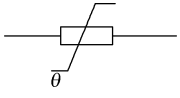
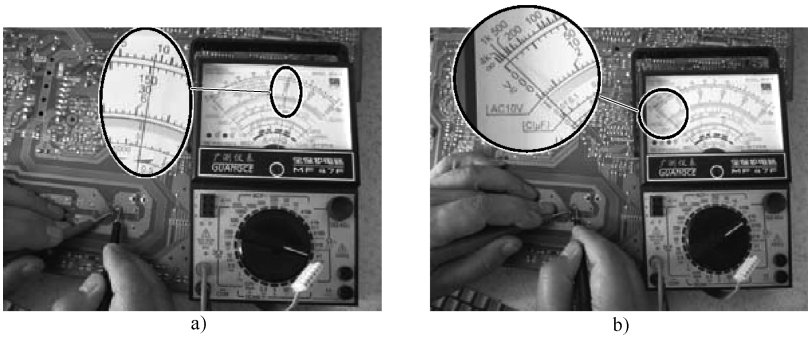


图 2-14　热敏电阻电路符号

检测热敏电阻通常需要在室温状态下和加热后分别检测它的阻值。确认被测热敏电阻在室温时的阻值正常，则需要检测它的热敏性能，此时用电烙铁等工具为它加热后若阻值下降（负温度系数热敏电阻）或增大（正温度系数热敏电阻），则说明它正常，否则说明它的热敏性能下降。下面以 12Ω 的彩电消磁电阻为例介绍正温度系数热敏电阻的检测方法。检测方法与步骤如图 2-15 所示。



a)　　b)

图 2-15　用指针万用表在路检测彩电消磁电阻

a）未通电前检测　b）通电后检测

未加电前，用万用表 R ×1 挡检测该电阻的阻值为 12Ω，若阻值过大，则说明它已损坏；确认未通电时的阻值正常，则为其通电 1min 后断电，再改用 R ×1k 挡检测它的阻值能否增大到无穷大，若可以，则说明它的正温度特性正常；若不能，则说明它的热敏性能下降，需要更换。

二、二极管的在路测量 ★★★

★ 1. 整流二极管

（1）识别

整流二极管是利用硅、锗、砷化镓等半导体制成，在电路中主要用作交流电压整流等。**整流二极管按工作频率可以分为高频整流二极管（简称高频整流管）和低频整流二极管（简称低频整流管）两种**；按封装结构可以分为塑料封装和金属封装两种。整流二极管的电路符号和常见的实物如图 2-16 所示。

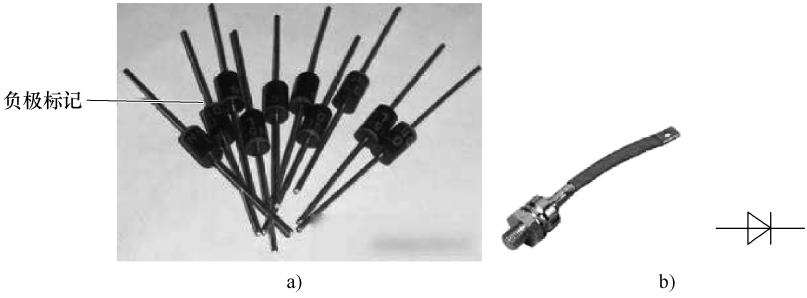


图 2-16　整流二极管实物与电路符号

a）实物　b）电路符号

（2）检测

在路测量整流二极管是否正常时应使用指针万用表的 R ×1 挡，黑表笔接二极管的正极、红表笔接负极时，所测**普通整流二极管的正向电阻值为 17Ω 左右**，如图 2-17a 所示；**高频整流管（快速恢复**

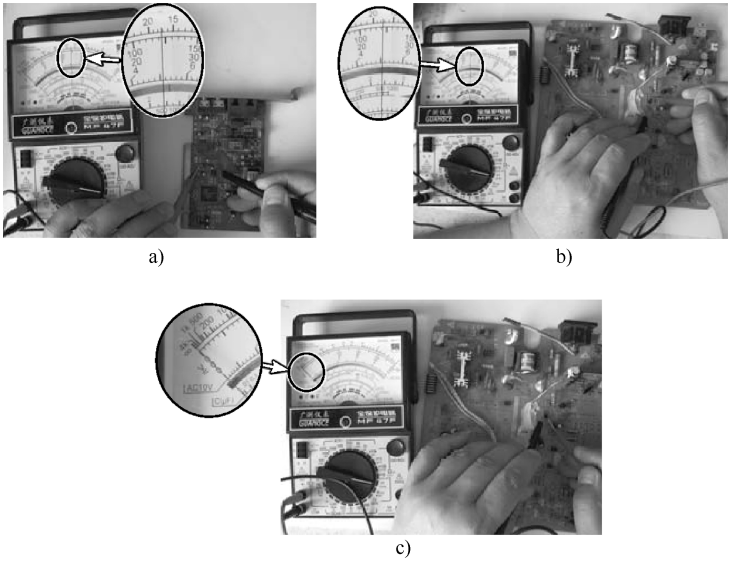


图 2-17　指针万用表在路检测整流二极管

a）普通整流管的正向电阻　b）高频整流管的正向电阻　c）反向电阻

整流管）的正向电阻阻值也为 17Ω 左右，如图 2-17b 所示。而调换表笔所测它们的**反向电阻值都应为无穷大**，如图 2-17c 所示。若正向电阻值过大，则说明被测二极管导通电阻大或断路；若反向电阻值过小或为 0，则说明该二极管漏电或击穿短路。

提　示

由于半桥整流堆采用 2 只整流二极管构成，全桥整流堆由 4 只整流二极管构成，所以也可以通过在路检测每只二极管的正、反向阻值，判断被测半桥、全桥整流堆是否正常。

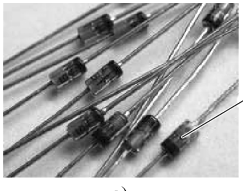
★ 2. 稳压二极管

（1）识别

稳压二极管又称齐纳二极管，简称稳压管，它是利用二极管的反向击穿特性来工作的。稳压管常用于基准电压形成电路和保护电路。稳压管也有塑料封装和金属封装两种结构。塑料封装的稳压管采用两引脚结构，而金属封装的稳压管有两引脚封装和三引脚封装两种结构。目前，稳压管多采用塑料封装，而几乎不采用金属封装。稳压管的电路符号和常见塑料封装的稳压管实物如图 2-18所示。

提　示

三引脚封装稳压管的其中一个引脚的一端与外壳相接，另一端接地。



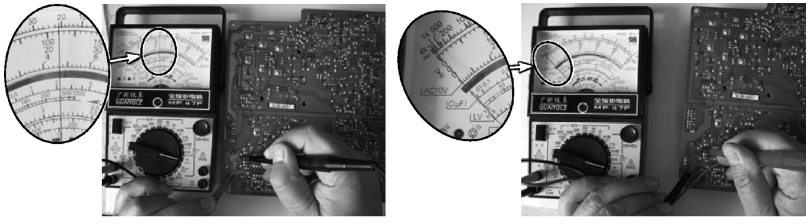
a)　　b)

图 2-18　稳压管

a）塑料封装稳压管实物　b）电路符号

（2）在路测量

在路测量稳压二极管时使用指针万用表的 R ×1 挡，黑表笔接稳压二极管的正极，红表笔接它的负极，所测**正向电阻阻值为 20Ω 左右**，如图 2-19a 所示；调换表笔后测出的**反向电阻为无穷大**，如图 2-19b所示。若反向阻值小，则说明稳压管漏电或击穿；若正向电阻大，则说明稳压管开路或性能差。



a)　　b)

图 2-19　指针万用表在路检测稳压二极管

a）正向电阻　b）反向电阻

三、晶体管的在路测量 ★★★

晶体管有普通晶体管和特殊晶体管两种。特殊晶体管包括带阻晶体管、达林顿管、光敏晶体管等多种。下面介绍常见的普通晶体管、带阻晶体管的识别与检测方法。

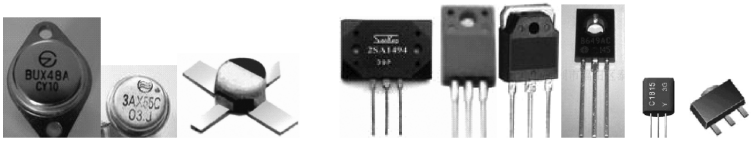
★ 1. 普通晶体管

（1）识别

普通晶体管在电路中通常用作放大与开关作用，放大器工作在晶体管的线性区域，开关电路中的晶体管工作在饱和区与截止区。通过设置晶体管电路不同的参数及外围电路，可以构成多种多样的电路。**晶体管的三个电极分别为基极（base，简称为 B）、集电极（collector，简称为 C）与发射极（emitter，简称为 E）**。常见的晶体管实物如图 2-20 所示。

晶体管是在一块半导体基片上制作两个相距很近的 PN 结，两个 PN 结把整块半导体分成三部分，中间部分是基区，两侧部分是发射

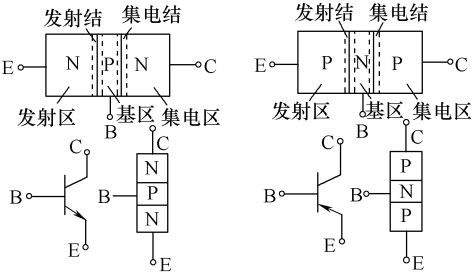
区和集电区，排列方式有 PNP 和 NPN 两种，从三个区引出相应的引脚，分别为基极 B、发射极 E 和集电极 C，如图 2-21 所示。



a)　　b)

图 2-20　常见的晶体管实物

a）金属封装　b）塑料封装



a)　　b)

图 2-21　晶体管的构成和电路符号

a）NPN 型　b）PNP 型

（2）检测

1）NPN 型晶体管。**在路测量 NPN 型晶体管时，应使用指针万用表的 R ×1 挡，**测试方法如图 2-22 所示。

首先，用黑表笔接晶体管的 B 极，红表笔分别接 E、C 极，所测的正向阻值为 20Ω 左右，如图 2-22a 所示；调换表笔后，测反向电阻值为无穷大，如图 2-22b 所示。随后，用红表笔接 C 极，黑表笔接 E 极，测 C、E 极间的正向电阻值大于 7Ω，如图 2-22c 所示；调换表笔后，测得反向电阻值为无穷大，如图 2-22d 所示。若数值偏差较大，则说明该晶体管或与它并联的元件异常。

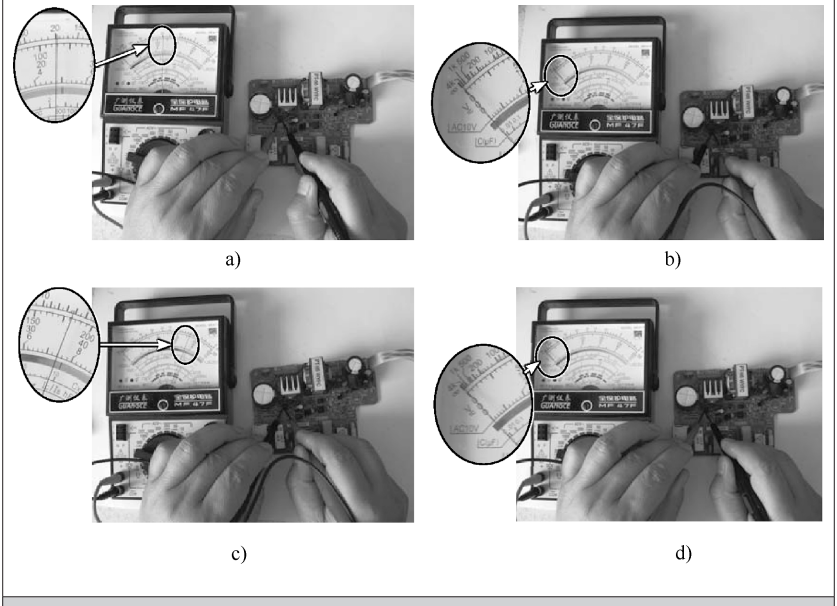


图 2-22　指针万用表在路测量 NPN 型晶体管
a）BE、BC 结正向电阻　b）BE、BC 结反向电阻
c）CE 结正向电阻　d）CE 结反向电阻

提　示

若图 2-22c 所示的 CE 结正向电阻较小，则说明有元器件与其并联。

2）PNP 型晶体管。**采用指针万用表在路测量 PNP 型晶体管时使用 R×1 挡，**测试方法如图 2-23 所示。

红表笔接三极管的 B 极，黑表笔分别接 C 极和 E 极，测 BE、BC 结的正向阻值都应为 26Ω 左右，如图 2-23a 所示；用黑表笔接 B 极，红表笔接 C 极和 E 极，测 BC、BE 结反向电阻值都应为无穷大，如图 2-23b 所示。CE 结的正向阻值大于 500Ω 或为无穷大，如图 2-23c所示；而 CE 结的反向阻值为无穷大，如图 2-23d 所示。否则，说明被测晶体管或与它并联的元件异常。

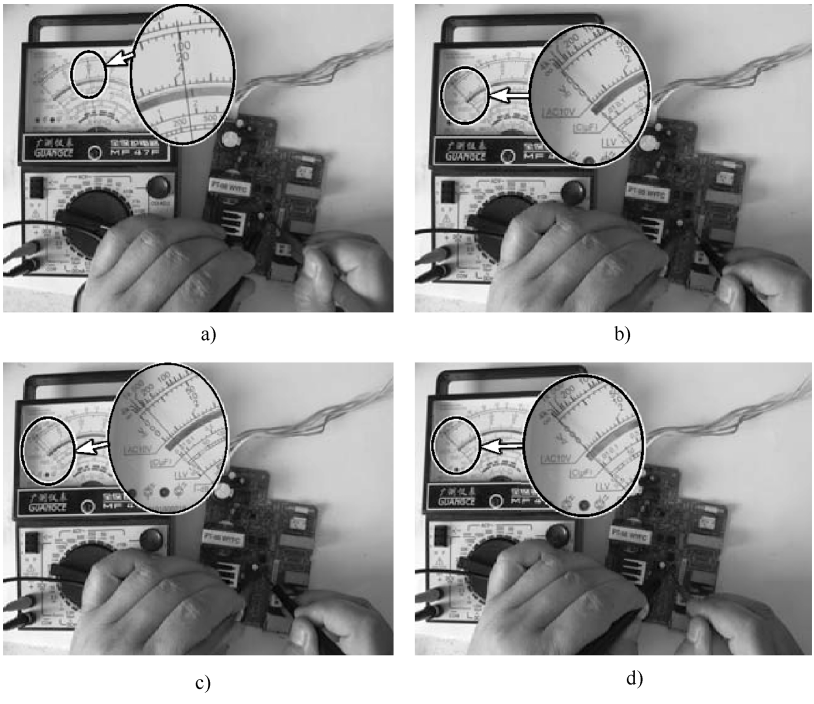


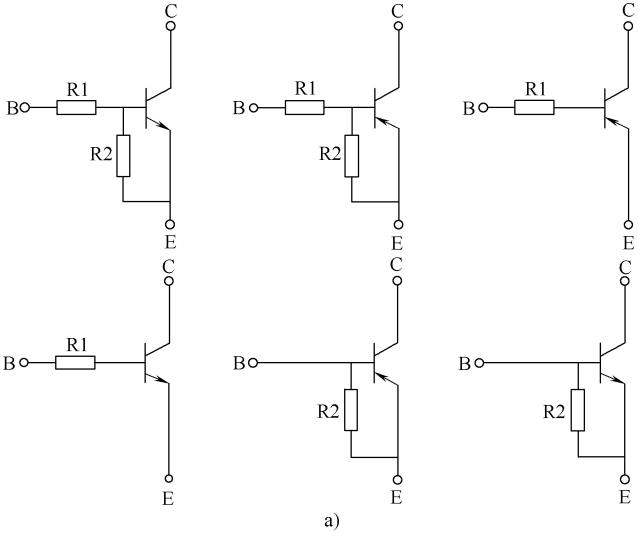
图 2-23　指针万用表在路测量 PNP 型晶体管
a）BE、BC 结正向电阻　b）BE、BC 结反向电阻
c）CE 结正向电阻　d）CE 结反向电阻

★ 2. 带阻晶体管

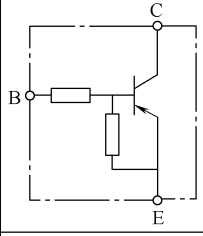
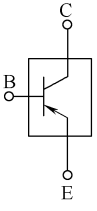
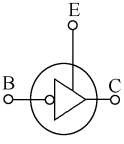
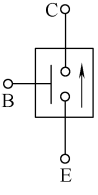
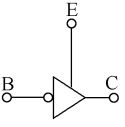
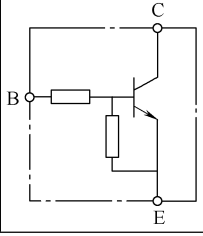
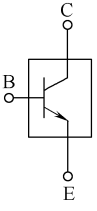
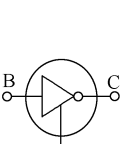
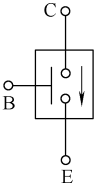
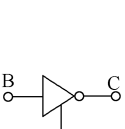
（1）识别

从外观上看，**带阻晶体管与普通的小功率晶体管几乎相同，但内部构成却不同，它是由一个晶体管和 1 ~ 2 只电阻构成**，如图 2-24a所示。带阻晶体管在电路中多用字母 QR 表示。不过，因带阻晶体管多应用在国外或合资的电子产品中，所以电路符号各不相同，如图 2-24b 所示。

带阻晶体管在电路中多被用作“开关”，管中内置的电阻决定它的饱和导通程度，基极电阻 R 越小，晶体管导通程度越强，CE 结压降就越低，但该电阻不能太小，否则会影响开关速度。



a)

公司 / 类型	松下、东芝、蓝宝	三洋、日电、罗兰士	夏普、飞利浦	日立	富丽、珠波
PNP型					
NPN型					

b)

图 2-24　带阻晶体管的构成与电路符号

a）内部构成　b）几种常见的带阻晶体管的电路符号

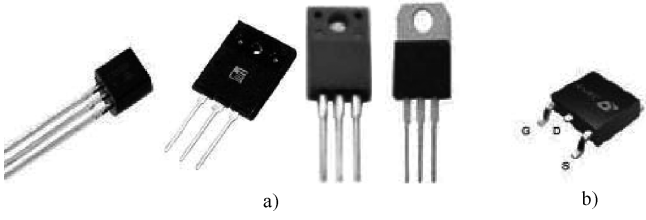
（2）检测

带阻晶体管的检测方法与普通晶体管基本相同，不过在检测 BC 结的正向电阻时需要加上 R1 的阻值，而检测 BE 结正向电阻阻值时需要加上 R1 的阻值，不过因 R2 并联在 BE 结两端，所以实际检测的 BE 结阻值有时会小于 BC 结阻值。另外，BC 结的反向电阻值为无穷大，但 BE 结的反向电阻值为 R2 的阻值，所以阻值不再是无穷大。但它的 CE 结反向电阻值仍为无穷大。

四、场效应晶体管的在路测量 ★★★

★ 1. 简介

场效应晶体管也简称为场效应管，用 FET 表示，FET 是 Field Effect Transistor 的缩写。它是一种外形与晶体管相似的半导体器件。但它与晶体管的工作特性却截然不同，晶体管是电流控制型器件，而**场效应晶体管是电压控制型器件**，它的输出电流决定于输入电压的大小，基本上不需要信号源提供电流，所以它的输入阻抗较高，此外，**场效应晶体管比晶体管的开关速度快、高频特性好、热稳定性好、功率增益大、噪声小，因此在电子产品中得到广泛应用**。常见的场效应晶体管实物如图 2-25 所示。场效应晶体管的引脚功能和电路符号如图 2-26 所示。



a)　　b)

图 2-25　常见的场效应晶体管实物

a）直插焊接式　b）贴面焊接式

★ 2. 在路测量

用指针万用表在路判别场效应晶体管好坏时应使用 R×1 挡，黑表笔接 S 极、红表笔接 D 极时，测得正向电阻阻值为 12Ω，如图 2-27a

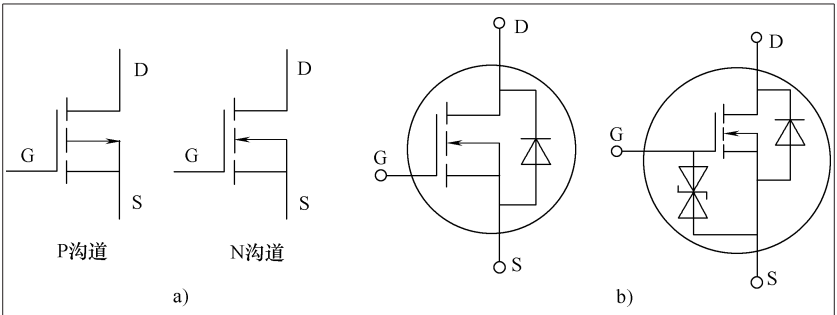


图 2-26　场效应晶体管的引脚功能和电路符号

a）普通场效应晶体管图形符号　b）带阻尼管场效应晶体管图形符号

所示，也就是内部所接的二极管的正向导通阻值；而黑表笔接 D 极、红表笔接 S 极时的反向电阻，以及其他极间的阻值都应为无穷大或较大，如图 2-27b 所示。若三个极间阻值较小，则说明被测的场效应晶体管击穿。而它的导通性能差或开路则需要采用非在路测量或代换法进行判断。

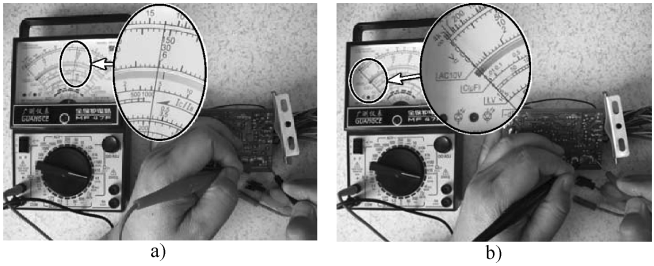


图 2-27　场效应晶体管的在路测量

a）红表笔接 D 极、黑表笔接 S 极　b）其他极间正、反向电阻

提　示

有的电路在场效应晶体管的 G、S 极间安装了电阻，所以测量 G、S 极间阻值时不是无穷大，有一定的阻值。而有的电路在场效应晶体管的 G、S 极间安装了二极管或稳压管，所以测量 G、S 极间阻值时也会和测量 D、S 极间阻值一样呈现二极管的单向导通特性。

五、晶闸管的在路测量 ★★★

晶闸管是一种能够像闸门一样控制电流大小的半导体器件。晶闸管早期称为可控硅，它也是应用比较广泛的电子器件。常见的晶闸管实物如图 2-28 所示。目前**常用的晶闸管是单向晶闸管和双向晶闸管**，下面分别介绍它们的在路检测方法。

图 2-28　常见的晶闸管实物

★ 1. 单向晶闸管

（1）简介

单向晶闸管俗称单向可控硅，它的英文名称是 Silicon Controlled Rectifier，缩写为 SCR。由于单向晶闸管具有成本低、效率高、性能可靠等优点，所以被广泛应用在可控整流、交流调压、逆变电源等电路中。**单向晶闸管由 PNPN 四层半导体构成，而它等效为两个晶体管**，它的三个引脚（电极）功能分别是 G 为门极（又称控制极）、A 为阳极、K 为阴极。单向晶闸管的结构、等效电路和电路符号如图 2-29 所示。

（2）检测

在路测量单向晶闸管时使用 R ×1 挡，测它的 G、K 极间的正向阻值为 20Ω 左右，如图 2-30a 所示；**G、K 极间的反向阻值和其他引脚间的阻值都为无穷大**，如图 2-30b 所示。若三个极间阻值较小，则说明被测的单向晶闸管击穿；若 G、K 极间阻值过大或为无穷大，则说明被测单向晶闸管导通性能差或开路。

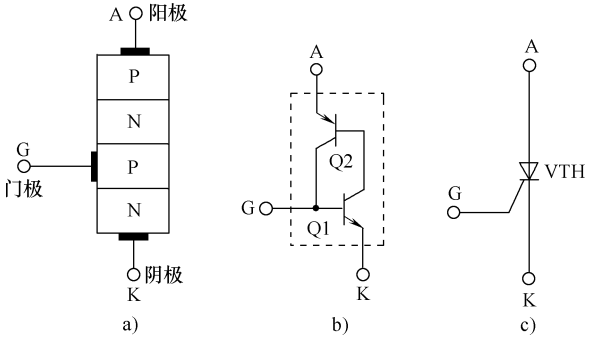
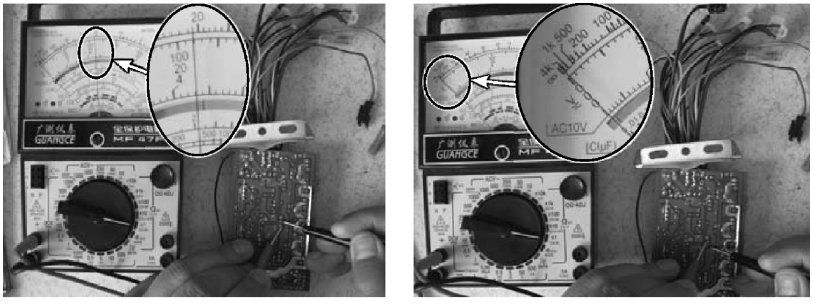


图 2-29　单向晶闸管的结构、等效电路和电路符号

a）结构　b）等效电路　c）电路符号



a)　　b)

图 2-30　指针万用表在路测量单向晶闸管

a）G、K 极间正向电阻　b）其他极间正、反向电阻

★ 2. 双向晶闸管

双向晶闸管俗称双向可控硅，它的英文缩写为 TRIAC。由于双向晶闸管具有成本低、效率高、性能可靠等优点，所以被广泛应用电动机调速、灯光控制等电路中。

（1）构成

双向晶闸管是两个单向晶闸管反向并联，所以它具有双向导通性能，即门极 G 输入触发电流后，无论 T1、T2 间的电压方向如何，它都能够导通。双向晶闸管的等效电路和电路符号如图 2-31 所示。

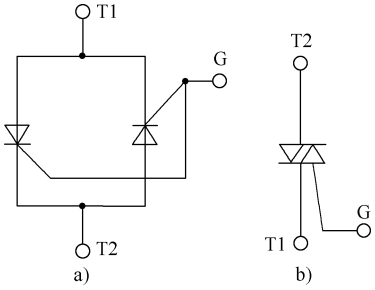


图 2-31　双向晶闸管的等效电路和电路符号
a）等效电路　b）电路符号

（2）检测

将指针万用表置于 R×1 挡，测双向晶闸管的 G 和 T1 极间的正、反向阻值为 30Ω 左右，其他极间阻值都为无穷大，如图 2-32 所示。若两个或三个极间阻值较小，则说明被测的双向晶闸管击穿。

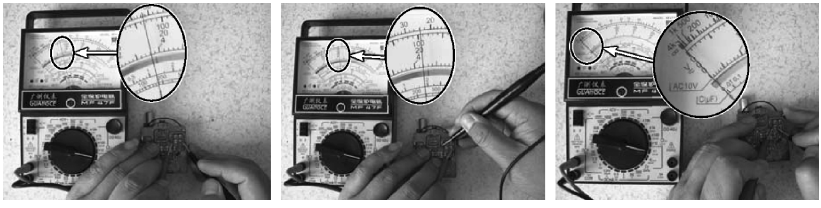


图 2-32　指针万用表在路测量双向晶闸管

六、变压器的在路测量 ★★★

★ 1. 识别

变压器由铁心（或磁心）和绕组组成，绕组有两个或两个以上，其中接电源的绕组叫一次绕组（旧称初级绕组或初级线圈），其余的绕组叫二次绕组（旧称次级绕组或次级线圈）。当一次绕组流过交流电流后，铁心（或磁心）就会产生交流磁通，使二次绕组中感应出电压（或电流）。变压器的电路符号如图 2-33 所示，常见的变压器实物如图 2-34 所示。

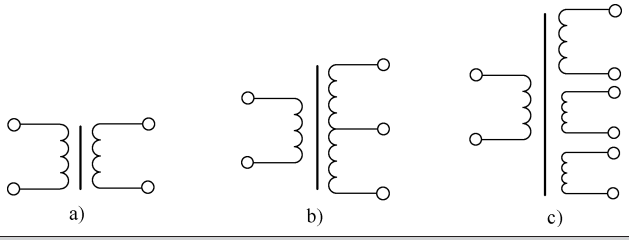


图 2-33　变压器的电路符号

a）普通变压器　b）带抽头变压器　c）多绕组变压器

图 2-34　常见的变压器实物

★ 2. 测量

由于开关变压器和普通变压器的检测方法相同，所以下面以普通变压器为例介绍变压器一次、二次绕组阻值的在路检测方法。

因普通变压器多为降压型变压器，所以它的一次绕组的阻值较大，而它的二次绕组阻值较小。将万用表置于 R×10 或 R×100 挡，测得一次绕组的阻值为 1.4kΩ，如图 2-35a 所示，改用 R×1 挡在路测量它的二次绕组的阻值为 5Ω，如图 2-35b 所示。若某个绕组的电阻值为无穷大，则说明此绕组有断路性故障；若阻值小，则说明有短路故障。

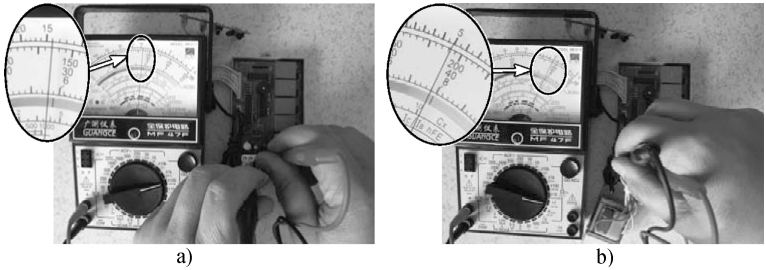


图 2-35　用指针万用表在路测量普通变压器一次、二次绕组阻值

a）一次绕组的阻值　b）二次绕组的阻值

注意

变压器一次绕组开路或烧焦，说明市电电压升高或它内部与一次绕组串联的温度型熔断器开路。因此，检修变压器一次绕组开路或烧焦的故障时，应检查市电电压是否升高或它所接的整流滤波电路是否短路，以免更换后再次损坏。

方法与技巧

对于安装熔断器的变压器，若手头没有此类变压器更换，可小心地拆开一次绕组，更换该熔断器后就可修复变压器。

七、电流互感器的在路测量 ★★★

★ 1. 识别

电流互感器的作用是可以把数值较大的一次电流通过一定的电流比转换为数值较小的二次电流，用来实现电流检测和过电流保护等功能。因此，它广泛应用在工业设备、小家电、空调器等电子设备内。电流互感器的结构和电源变压器一样，电路符号和工作原理与变压器也相同。典型实物如图 2-36 所示。

图 2-36　电流互感器典型实物

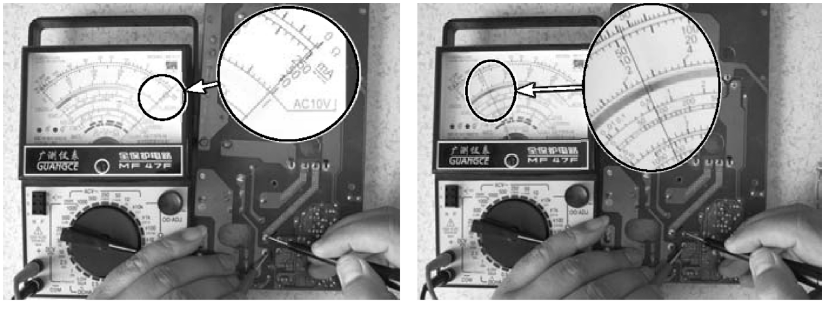
注意

当电流互感器的二次回路开路时，一次回路的电流会成为励磁电流，将导致磁通和二次回路电压大大超过正常值，所以工业设备中使用的电流互感

器二次回路中，大多不允许安装熔断器，也不允许运行期间，在未经旁路措施的情况下，就拆卸电流表及继电器等器件，以免危及人身或设备安全。

★ 2. 检测

由于电流互感器的一次绕组匝数极少，可使用 R×1 挡测量一次绕组的在路阻值为 0，如图 2-37a 所示；用 R×1 挡检测它的二次绕组的在路阻值为 60Ω 左右，如图 2-37b 所示。



a)　　b)

图 2-37　电磁炉电流互感器的在路测量

a）一次绕组　b）二次绕组

提　示

由于电流互感器的二次绕组不仅接检测电路，而且并联了电阻，所测部分电路测得的互感器二次绕组的阻值实际为该电阻的阻值。因此，需要确认二次绕组是否开路，还需要悬空它的引脚后再测量。

八、蜂鸣片/扬声器的在路测量 ★★★

★ 1. 简介

蜂鸣片是压电陶瓷蜂鸣片的简称，它也是一种电声转换器件。蜂鸣片有裸露式和密封式两种。裸露式就是可以看到构成的蜂鸣器，而密封式是将蜂鸣片安装在一个密封的塑料壳内。常见的蜂鸣片实物如图 2-38 所示。

a)　　b)

图 2-38　常见的蜂鸣片实物
a）裸露式　b）密封式

由于蜂鸣片具有体积小、成本低、质量轻、可靠性高、功耗低、声响度高（最高可达到 120dB）等特点，所以广泛应用在家电产品、办公设备、通信设备等电子产品中。

提　示

目前，在家用电器中多将带有外壳的蜂鸣片称为“蜂鸣器”。

★ 2. 测量

将指针万用表置于 **R ×1** 挡，用红表笔接音圈（线圈）的一个接线端子，用黑表笔点击另一个接线端子，若表针摆动且蜂鸣片能够发出“咔咔”的声音，则说明蜂鸣片正常，如图 2-39 所示。否则，说明蜂鸣片异常或引线开路。

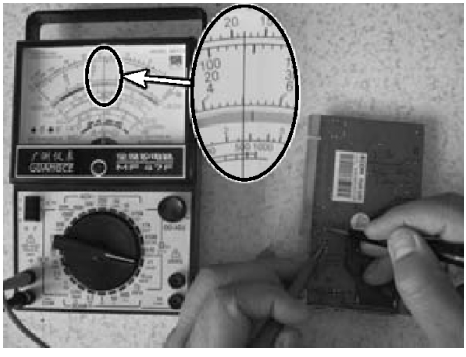


图 2-39　指针万用表在路检测密封式蜂鸣片

提　示

由于指针万用表 R×1 挡的电流较大，所以用它测量蜂鸣片的阻值时它会发出“咔咔”声。这样，使蜂鸣片的检测变得更直观准确。扬声器的在路检测与蜂鸣片相同，也可以参考图 2-39 所示方法进行测量。

九、三端不可调稳压器的在路测量 ★★★

三端不可调稳压器是目前应用最广泛的稳压器。常见的三端不可调稳压器实物外形与引脚功能如图 2-40 所示。

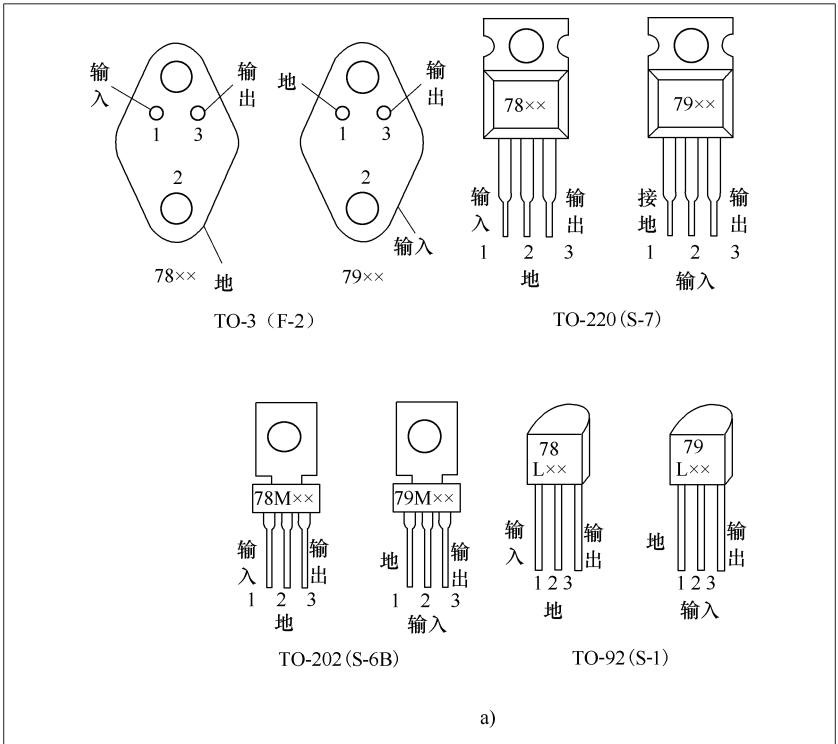


图 2-40　三端不可调稳压器的实物外形与引脚功能

a）直插式

图 2-40　三端不可调稳压器的实物外形与引脚功能（续）
b）贴面式

★ 1. 分类

三端不可调稳压器按输出电压极性可以分为 78 × × 系列和 79 × × 系列两大类。其中，78 × × 系列稳压器输出的是正电压，而 79 × × 系列稳压器输出的是负电压。

三端不可调稳压器按输出电压可分为 10 种，以 78 × × 系列稳压器为例介绍，包括 7805（5V）、7806（6V）、7808（8V）、7809（9V）、7810（10V）、7812（12V）、7815（15V）、7818（18V）、7820（20V）、7824（24V）。

三端不可调稳压器按输出电流可分为多种，电流大小与型号内的字母有关。稳压器最大输出电流与字母的关系如表 2-1 所示。

表 2-1　稳压器最大输出电流与字母的关系

字母	L	N	M	无字母	T	H	P
最大电流/A	0.1	0.3	0.5	1.5	3	5	10

参见表 2-1，常见的 L78M05 就是最大电流为 500mA 的 5V 稳压器；而常见的 KA7812 就是最大电流为 1.5A 的 12V 稳压器。

★ 2. 78 × × 系列三端稳压器的构成及原理

78 × × 系列三端稳压器由起动电路（恒流源）、取样电路、基准电路、误差放大器、调整管、过热/过电流保护电路等构成，如图 2-41 所示。

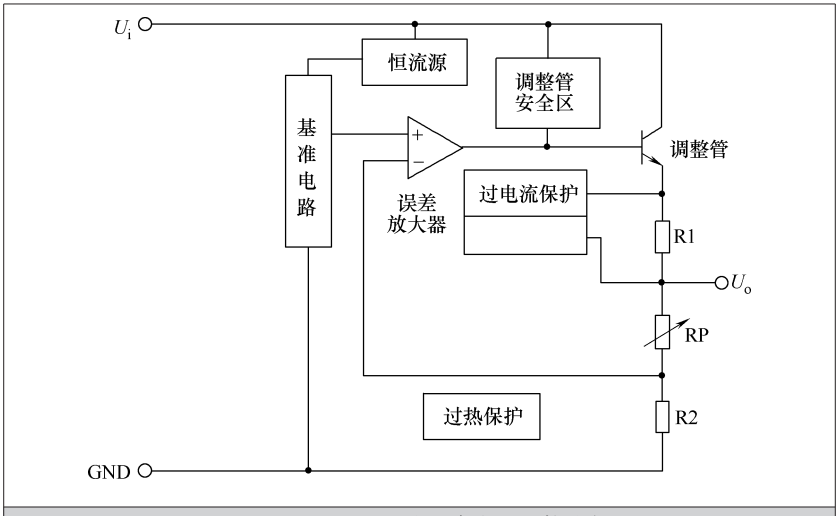


图 2-41　78 × × 系列三端稳压器构成框图

★ 3. 79 × × 系列三端稳压器的构成与原理

79 × × 系列三端稳压器的构成和 78 × × 系列稳压器基本相同，如图 2-42 所示。区别就是它采用了负压供电和负压输出方式。

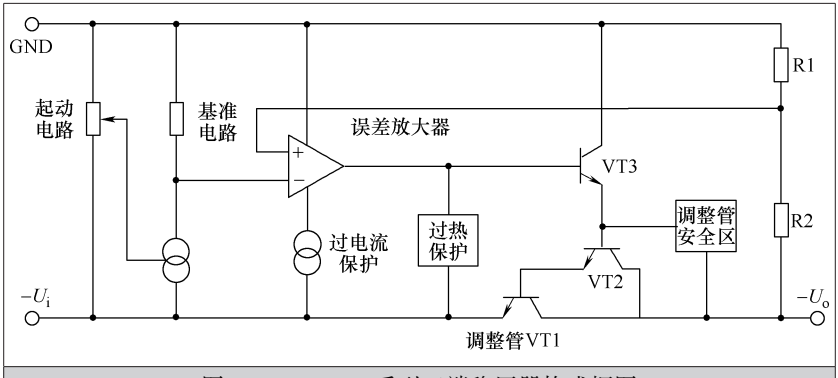


图 2-42　79 × × 系列三端稳压器构成框图

★ 4. 检测

下面以常见的 7805 稳压器为例进行介绍，将万用表置于 R × 1 或 R × 10 挡，黑表笔和红表笔分别接 7805 的输入端、输出端，对地阻值如图 2-43 所示。若阻值过小，则说明稳压器异常。

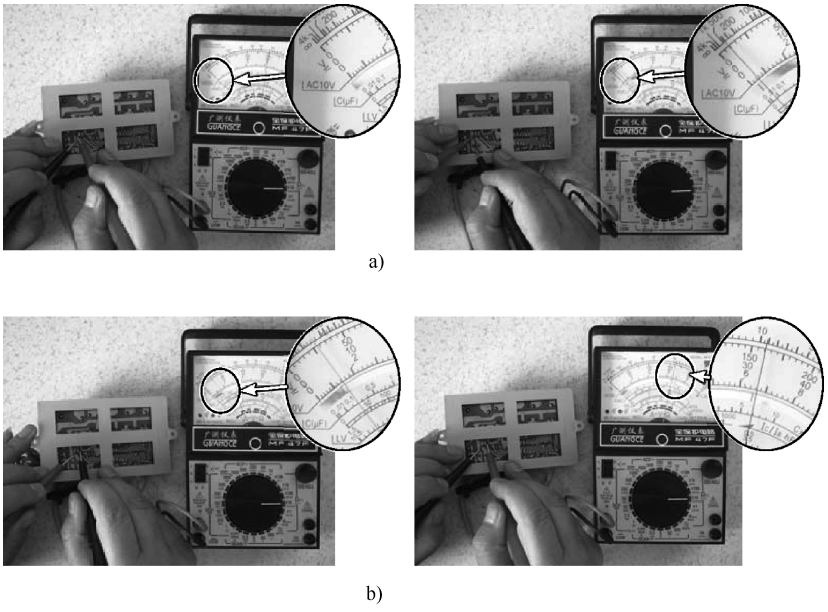


图 2-43　三端稳压器 7805 的测量示意图

a）输入端对地电阻阻值　b）输出端对地电阻阻值

提　示

由于负载不同，所以不同电路的稳压器输入端、输出端对地阻值可能不同。因此，怀疑稳压器是否正常时还要结合电压测量法、温度检测法、代换法进行判断。

第三节　指针万用表电阻挡非在路测量元器件技巧

利用指针万用表的电阻挡在电子元器件脱离电路板的情况下，通过测量它们的阻值，就可以判断它们是否正常。

提　示

当在路测量元器件异常时需将它拆下来或悬空引脚，通过测量它的非在路阻值是否正常，来确认它是否正常。而对准备更换的备用元器件也要测量后再安装，以免更换了异常的元器件，将检修工作带入歧途或扩大故障。

一、电阻的非在路测量 ★★★

★ 1. 普通电阻的非在路测量

下面分别介绍使用指针万用表 R×1、R×10、R×100、R×1k、R×10k 挡非在路测量电阻的方法。

测量 6.8Ω 电阻时使用 R×1 挡，先对其进行欧姆调零后测量，若表针停留在电阻挡标尺的 6.8 位置，则说明被测电阻阻值为 6.8Ω，如图 2-44a 所示。若所测值大于标称值，则说明该电阻的阻值增大或开路。

测量 100Ω 电阻时使用 R×10 挡，先对其进行欧姆调零后测量，若表针停留在电阻挡刻度 10 的位置，则说明被测电阻阻值为 100Ω，如图 2-44b 所示。若所测值大于标称值，则说明该电阻的阻值增大或开路。

测量 2.7kΩ 电阻时使用 R×100 挡，先对其进行欧姆调零后测量，若表针停留在电阻挡刻度 27 的位置，则说明被测电阻阻值为 2.7kΩ，如图 2-44c 所示。若所测值大于标称值，则说明该电阻的阻值增大或开路。

测量 39kΩ 电阻时使用 R×1k 挡，先对其进行欧姆调零后测量，若表针停留在电阻挡刻度 39 的位置，则说明被测电阻阻值为 39kΩ，如图 2-44d 所示。若所测值大于标称值，则说明该电阻的阻值增大或开路。

测量 200kΩ 电阻时使用 R×10k 挡，先对其进行欧姆调零，若表针停留在电阻挡刻度 20 的位置，则说明被测电阻阻值为 200kΩ，如图 2-44e 所示。若所测值大于标称值，则说明该电阻的阻值增大或开路。

提　示

若被测电阻的引脚严重氧化，应在测量前用刀片、锉刀等工具将氧化层清理干净，以免误判。另外，许多资料介绍固定电阻阻值会变小，而实际中，固定电阻不会发生阻值变小的现象。

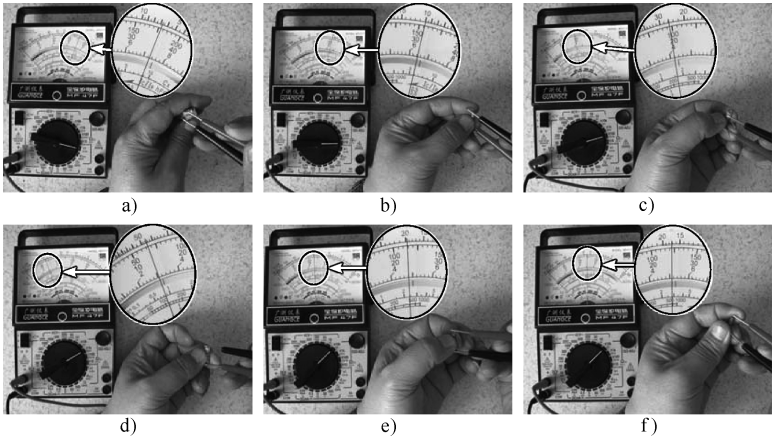


图 2-44　普通电阻非在路测量

a）测量 6.8Ω 电阻　b）测量 100Ω 电阻　c）测量 2.7kΩ 电阻　d）测量 39kΩ 电阻　e）测量 200kΩ 电阻　f）错误的测量方法

注意

测量大阻值电阻，尤其是阻值超过几十千欧的电阻时，不能用手同时接触被测电阻的两个引脚，以免人体的电阻与被测电阻并联后，导致测量的数据低于正常值，为 170kΩ 左右，如图 2-44f 所示。

★ 2. 可调电阻的非在路测量

（1）简介

可调电阻就是旋转它的滑动端时它的阻值是变化的。没有外壳的可调电阻被称为可调电阻或微调电阻，而有外壳的可调电阻则称为电位器。可调电阻在电路中通常用 VR 或 RP 表示，常见的可调电

阻（电位器）实物和电路符号如图 2-45 所示。

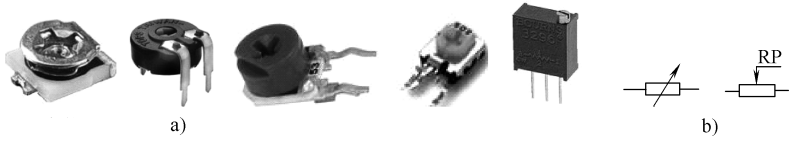


图 2-45　常见的可调电阻实物和电路符号
a）实物　b）电路符号

（2）测量

首先测两个固定端间的阻值等于标称值，再分别测固定端与可调端间的阻值，并且两个固定端与可调端间阻值的和等于两个固定端间的阻值，说明该电阻正常；若阻值大于标称值或不稳定，则说明该电阻变值或接触不良。下面以 4.7kΩ 的可调电阻为例介绍可调电阻的测量方法，测量步骤如图 2-46 所示。

提　示

可调电阻损坏后主要会出现开路、阻值增大、阻值变小、接触不良或引脚脱焊的现象。可调电阻氧化是接触不良和阻值不稳定的主要原因。

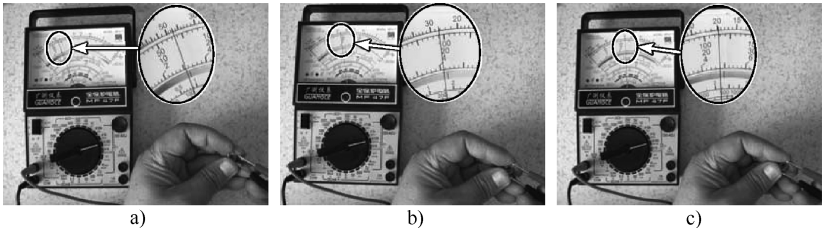


图 2-46　可调电阻的非在路测量
a）两个固定端间阻值　b）可调端与固定端 a 的阻值　c）可调端与固定端 b 的阻值

★ 3. 压敏电阻的非在路测量

由于压敏电阻正常时的阻值为无穷大，所以测量时应使用指针万用表的 R ×10k 挡，若表针不摆动，则说明被测压敏电阻正常，如

图 2-47 所示。若阻值不为无穷大，则说明它已损坏。一般情况下，压敏电阻击穿损坏后，表面多会出现裂痕或黑点。

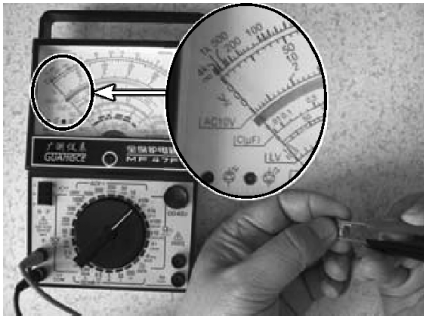


图 2-47　压敏电阻的非在路测量

二、电容的非在路测量 ★★★

★ 1. 电容的作用

电容在电路中主要的作用是滤波、耦合、延时等，它在电路中通常用字母“C”表示。电容在电路中的符号如图 2-48 所示。

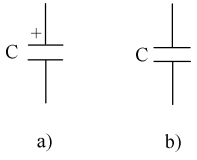


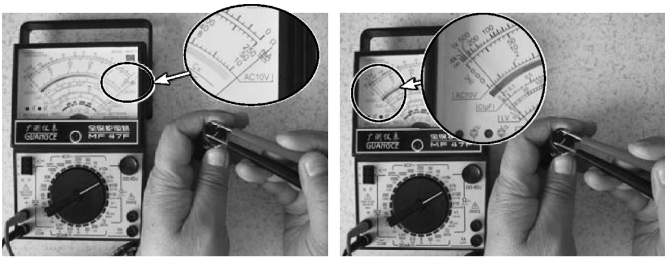
图 2-48　电容的电路符号

a）有极性电容　b）无极性电容

★ 2. 电容的测量

采用指针万用表测量电容的容量时，需要使用电阻挡。检测电容的方法如图 2-49 所示。

采用电阻挡检测电容时，应根据电容容量大小来选择万用表电阻挡的大小。首先，为存有电的电容放电后，将红、黑表笔分别接在电容两个引脚上，通过表针的偏转角度来判断电容是否正常。若



a)　　b)

图 2-49　电容的非在路测量

a）正向充电　b）反向放电

表针快速向右偏转，然后慢慢向左退回原位，一般来说电容是好的。如果表针摆起后不再回转，则说明电容已击穿。如果表针右摆后逐渐停留在某一位置，则说明该电容已漏电；如果表针不能右摆，则说明被测电容的容量较小或无容量。例如，测量 120μF 的电容时，首先选择 R×1k 挡，用两个表笔接电容的两个引脚时，表针因电容被充电迅速向右偏转，随后电容因放电而慢慢回到左侧接近“∞”的位置，说明该电容正常。否则，说明被测电容漏电。

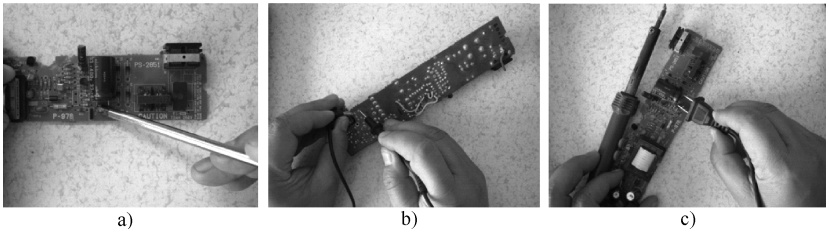
方法与技巧

有些漏电的电容，用上述方法不易准确判断出好坏。当电容的耐压值大于万用表内电池电压值时，根据电解电容器正向充电时漏电电流小、反向充电时漏电电流大的特点，可采用 R×10k 挡测量或采用代换法判断。

★ 3. 电容的放电

若被测电容存储电荷，不仅容易损坏万用表、电容表等检测仪器，而且容易电击伤人，所以检测前应先将它存储的电荷放掉。维修时，通常采用两种方法为电容放电：一种是用万用表的表笔或螺丝刀的金属部位短接电容的两个引脚，将存储的电荷直接放掉，如图 2-50a 所示，这样放电虽然时间短，但在电容存储电荷较高时会

产生较强的放电火花，并且可能会导致大容量的高压电容损坏；另一种是用电烙铁或100W白炽灯（灯泡）的插头与电容的引脚相接，利用电烙铁或白炽灯的内阻将电压释放，如图2-50b所示，这样可减小放电电流，但在电容存储电荷较高时放电时间较长。



a)　　b)　　c)

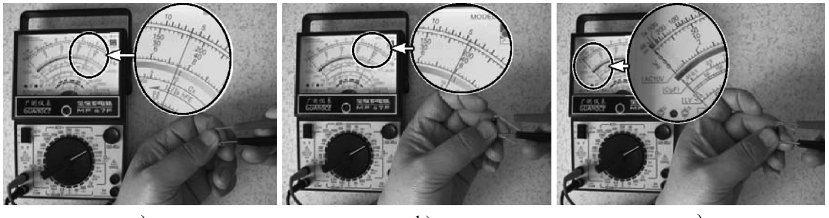
图2-50　电容的放电

a）用螺丝刀短接放电　b）用表笔短接放电　c）用电烙铁内阻放电

三、二极管的非在路测量 ★★★

★ 1. 整流二极管的非在路测量

若在路测量后怀疑被测的普通二极管或新购买整流普通二极管有问题，则需要进行非在路测量。测量方法如图2-51所示。



a)　　b)　　c)

图2-51　整流二极管的非在路测量

a）1N4001的正向电阻　b）UR2的正向电阻　c）反向电阻

首先，用指针万用表R×1k挡测量1N4001的正向阻值为6kΩ左右，如图2-51a所示，说明它是普通整流管；测量UR2的正向阻值为4.8kΩ左右，说明它是高频整流管，如图2-51b所示。随后，将万用表置于R×10k挡，测量它们的反向电阻值都应为无穷大，如

图 2-51c 所示。若正向电阻值过大或为无穷大，则说明该二极管导通电阻大或开路；若反向电阻值过小或为 0，则说明该二极管漏电或击穿。

方法与技巧

非在路测量二极管的正向导通电阻时，也可以用 R×1 挡测量，并且 R×1 挡更容易确认二极管正向导通电阻大的故障。若二极管上的负极标记不清晰，也可以通过测量确认正、负极。先用红、黑表笔任意测量二极管两个引脚间的阻值，出现阻值较小的一次时，说明黑表笔接的是正极。

提　示

整流堆是由 2 只或 4 只二极管构成的，所以只要通过检测每个二极管的正、反向电阻阻值就可以确认它是否正常。

★ 2. 稳压二极管的非在路测量

估测稳压二极管的稳压值时应使用指针万用表的 R×10k 挡，并将表针调零后，用红表笔接稳压管的正极，黑表笔接稳压管的负极，当表针摆到一定位置时，从万用表直流 10V 挡的刻度上读出其稳定数据。估测的数值为 10V 减去刻度上的数值，再乘以 1.5 即可。例如，测量 12.7V 稳压管时，表针停留在 1.5V 的位置，这样，(10 − 1.5)V×1.5 = 12.75V，说明被测的稳压管的稳压值大约为 12.75V，如图 2-52 所示。

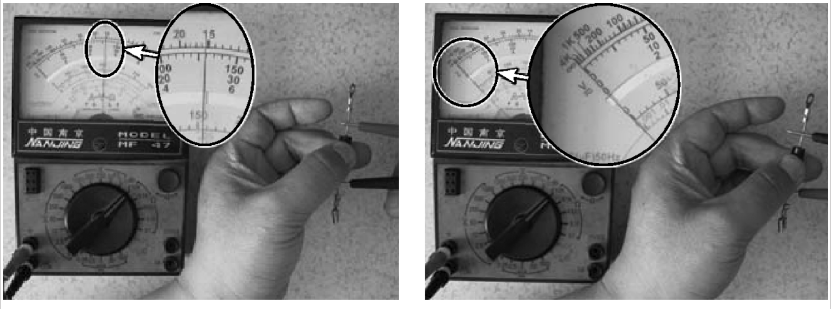
提　示

若被测的稳压二极管的稳压值高于万用表 R×10k 挡电池电压值（9V 或 15V），则被测的稳压二极管不能被反向击穿导通，也就无法测出该稳压管的反向电阻阻值。

图 2-52　指针万用表估测稳压二极管的稳压值

★ 3. 高压整流堆的非在路测量

高压整流堆由若干个整流管的管芯组成，所以测量时反向电阻值都应为无穷大，而正向电阻值也多为无穷大。下面以微波炉使用的高压整流堆（高压整流二极管）为例介绍高压整流堆的检测方法。首先，将指针万用表置于 R × 10k 挡，测量正向阻值为 150kΩ 左右，而反向阻值为无穷大，如图 2-53 所示。



a)　　b)

图 2-53　高压整流堆的非在路测量

a）正向阻值　b）反向阻值

★ 4. 双基极二极管的非在路测量

（1）简介

双基极二极管也叫单结晶体管（UJT），它是一种只有一个 PN

结的三个电极半导体器件。由于双基极二极管具有负阻的电气性能，所以它和较少的元器件就可以构成阶梯波发生器、自激多谐振荡器、定时器等脉冲电路。双基极二极管的内部构成与等效电路如图 2-54 所示，它的电路符号和常见实物如图 2-55 所示。

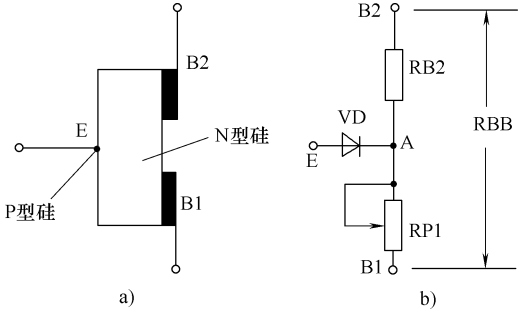


图 2-54　双基极二极的内部构成与等效电路
a）内部构成　b）等效电路

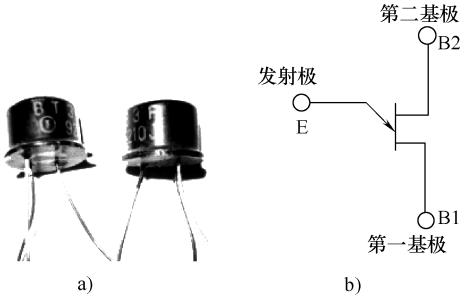


图 2-55　双基极二极管的实物与电路符号
a）实物　b）电路符号

（2）测量

测量双基极二极管时，应使用指针万用表的 R ×1k 挡。测量方法如图 2-56 所示。

首先，将黑表笔接双基极二极管 BT33F 的 E 极，红表笔接它的 B1 极，测得的正向电阻值为 18kΩ 左右；红表笔接它的 B2 极时，测

得的正向电阻值为 11kΩ 左右；将红表笔接 E 极，黑表笔分别接两个基极，测它的反向电阻值都应为无穷大。而两个基极间的阻值为 8kΩ。

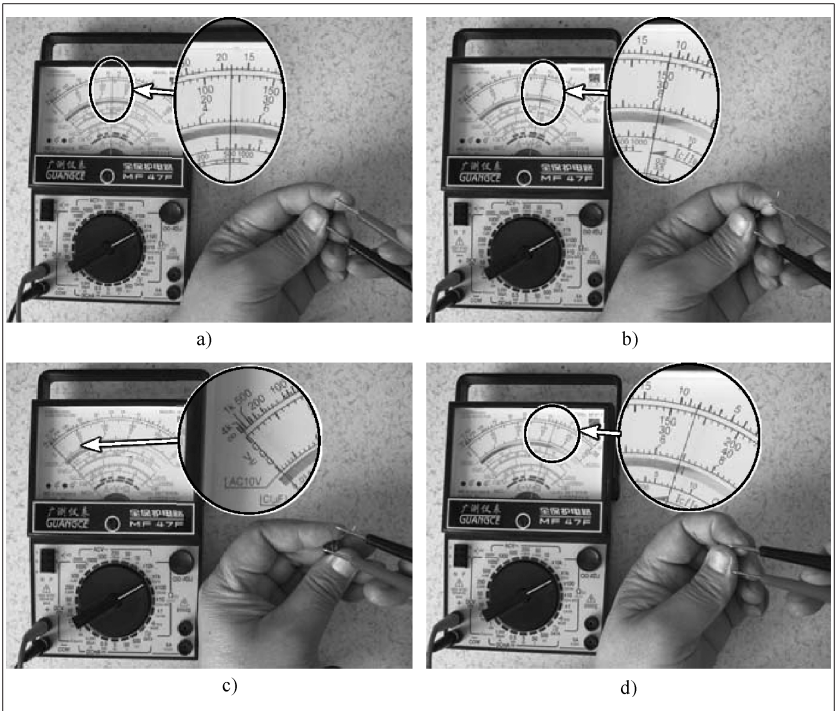


图 2-56　双基极二极管检测

a）B1、E 正向电阻　b）B2、E 正向电阻　c）反向电阻的测量　d）B1、B2 正向电阻

四、晶体管的非在路测量 ★★★

★ 1. 普通晶体管的非在路测量

（1）管型和基极的判别

判别晶体管的管型和基极时，应采用指针万用表的 R × 1k 挡。测量步骤如图 2-57 所示。

黑表笔接假设的基极，红表笔接另两个引脚，若测得的正向阻值都为 9kΩ 左右，则说明假设的基极正确，并且被判别的晶体管是

NPN 型晶体管，如图 2-57a 所示。红表笔接基极，黑表笔接另两个引脚，测正向阻值都为 8kΩ 左右，则说明红表笔接的引脚是基极，并且被检测的晶体管是 PNP 型晶体管，如图 2-57b 所示。

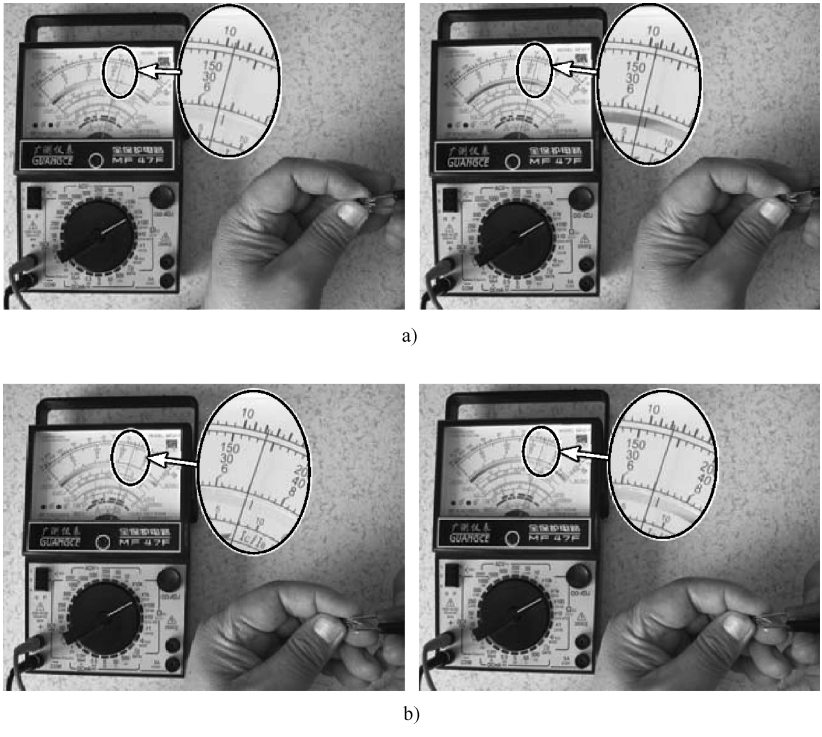


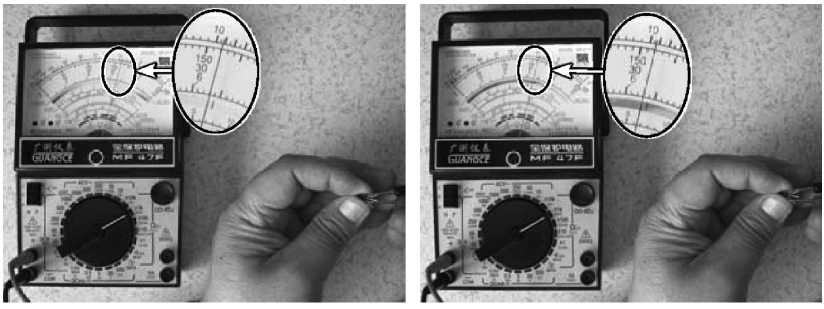
图 2-57　指针万用表判别普通晶体管的管型与基极

a）NPN 型晶体管　b）PNP 型晶体管

（2）晶体管好坏的判别

由于 NPN、PNP 型晶体管的测量方法相同，下面以检测 NPN 型晶体管为例介绍非在路判断它的好坏。

非在路判断 NPN 型晶体管好坏时应使用指针万用表的 R ×1k 挡，所测得 BE、BC 结的正向阻值都应为 9kΩ 左右，如图 2-58a 所示；用 R ×10k 挡测 BE、BC 结反向阻值，以及 CE 结正向、反向阻值都为无穷大，如图 2-58b 所示。



a)　　b)

图 2-58　指针万用表非在路判断 NPN 型晶体管的好坏

a）BE、BC 结正向阻值　b）BE、BC 结反向电阻，CE 结正、反向电阻

提　示

若正向导通电阻大，则说明被测晶体管导通性能差或开路；若反向导通电阻小，则说明被测晶体管漏电或击穿。为了提高检测的准确性，测量 NPN 型晶体管的反向电阻时也可以采用 R×10k 挡。

（3）晶体管放大倍数的估测

MF500 等早期的指针万用表没有设置晶体管放大倍数测量功能，所以使用电阻挡进行估测。

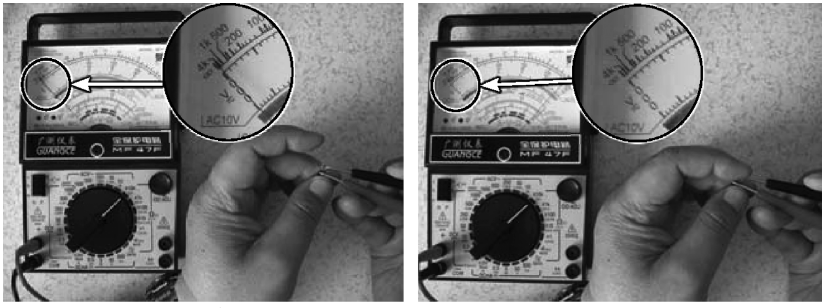
使用电阻挡估测 NPN 型晶体管的放大倍数时，应先将它置于 R×10k 挡，黑表笔接晶体管的 C 极，红表笔接 E 极，如图 2-59a 所示；将食指弄湿后短接 C、E 极，表针会向右摆动，说明晶体管被触发导通，如图 2-59b 所示。表针摆动幅度越大，说明放大倍数就越大。

★ 2. 达林顿管的非在路测量

（1）识别

达林顿管的外形和普通晶体管一样，也有金属封装和塑料封装两种。**但内部结构不同，它是一种复合晶体管，多由两只晶体管构成。**其中，第一只晶体管的发射极直接接在第二只晶体管的基极，引出 B、C、E 三个引脚。由于达林顿管的放大倍数是级联晶体管放大倍数的乘积，所以可达到几百几千，甚至更高。小功率达林顿管

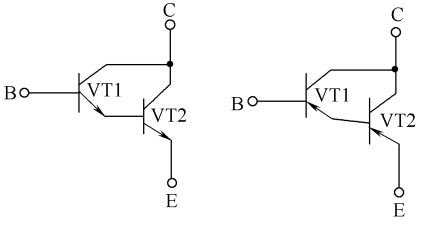
的电路符号如图 2-60 所示。



a)　　b)

图 2-59　指针万用表电阻挡估测 NPN 型晶体管的放大倍数

a）连接表笔　b）触发导通



a)　　b)

图 2-60　达林顿管的电路符号

a）NPN 型　b）PNP 型

小功率达林顿管仅由两只晶体管构成，并且无电阻、二极管构成的保护电路。而大功率达林顿管内的大功率管的温度较高，容易引起达林顿管的热稳定性能下降，这不仅容易导致大功率达林顿管误导通，而且容易导致它损坏。因此，**大功率达林顿管还在内部设置了过电流保护电路**。常见的大功率达林顿管内部结构如图 2-61 所示。

参见图 2-61b，晶体管 VT1 和 VT2 的发射结上还并联了泄放电阻 R1、R2。R1 和 R2 的作用是为漏电流提供泄放回路。因 VT1 的基极漏电流较小，所以 R1 可以选择阻值为几千欧的电阻，VT2 的漏电

流较小，所以 R2 选择几十欧的电阻。另外，VT2 的 CE 结上并联了一只钳位二极管 VD1。当线圈等感性负载停止工作后，会在 VT2 的 C 极上产生峰值很高的反向电动势。该电动势通过 VD1 泄放到电源，从而避免了 VT2 被过高的反向电压击穿，实现了过电压保护。

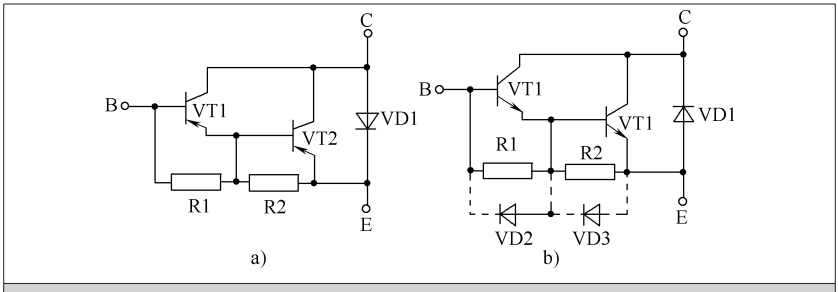


图 2-61　大功率达林顿管内部结构

（2）万用表判别达林顿管的管型、引脚

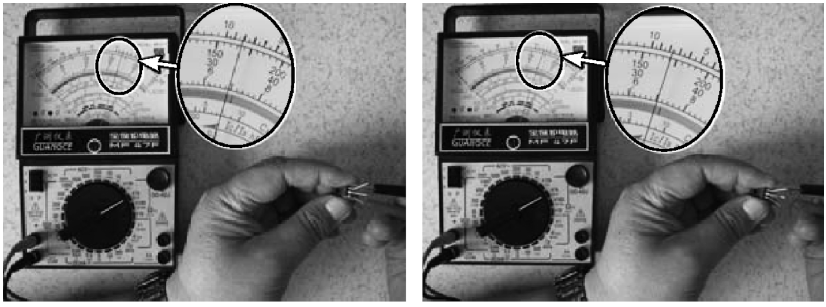
提　示

由于达林顿管的 B、C 极间仅有一个 PN 结，所以 B、C 极间应为单向导电特性，而 BE 结上有两个 PN 结，所以正向导通电阻大。通过该特点就可以很快确认引脚功能。

需要判别达林顿管的管型和基极时，采用指针万用表的 R × 1k 挡，黑表笔接假设的基极，红表笔接另两个引脚时阻值为 8kΩ 左右，则说明黑表笔接的是基极，接着测另两个引脚，若出现相对的小数值，则说明红表笔接的引脚为集电极，黑表笔所接的引脚为发射极，同时还可以确认该管为 NPN 型达林顿管，如图 2-62 所示。

提　示

检测过程中，若红表笔接一个引脚，黑表笔接另两个引脚时表针摆动幅度较大，则说明红表笔接的引脚是基极，并且被检测的晶体管是 PNP 型达林顿管。



a)　　b)

图 2-62　指针万用表判别达林顿管管型及引脚

a）BE 结正向电阻　b）BC 结正向电阻

提　示

由于部分达林顿管（如 TIP122）的 C、E 极内部并联了二极管，所以检测阻值时与 C、E 极一样，也会呈现单向导电特性。

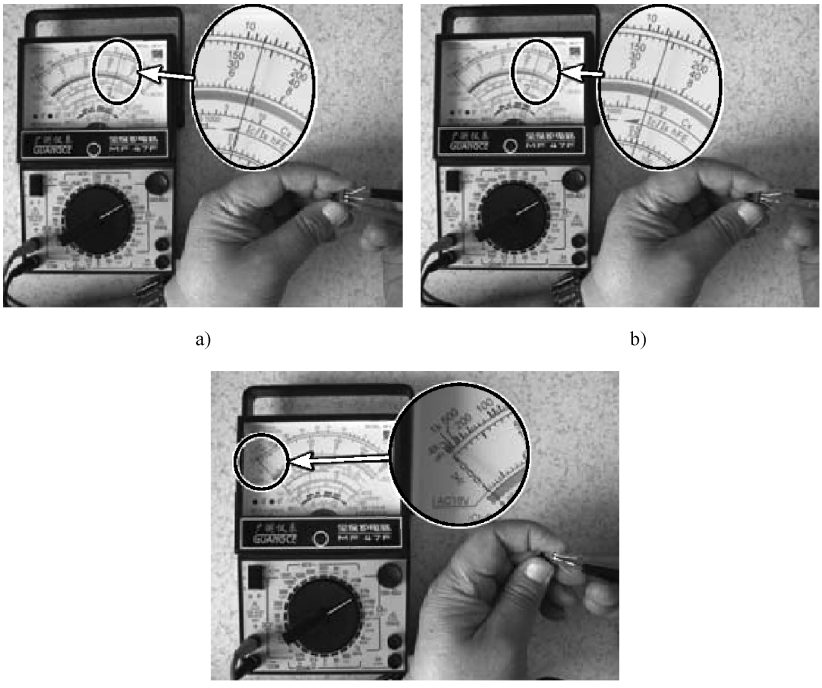
（3）好坏的检测

需要判别达林顿管好坏时，应使用指针万用表的 R × 1k 挡。下面以 2SD1640 为例进行介绍。

首先，测得 BE 结正、反向电阻值为 8kΩ 左右，如图 2-63a 所示；测得 BC 结正向电阻值为 7.5kΩ，如图 2-63b 所示。调换表笔后，测得 BC 结反向电阻值为无穷大，如图 2-63c 所示。而测得 CE 结正向电阻值为 7kΩ 左右，测得 CE 结的反向电阻值为无穷大。

提　示

由于 TIP122 是大功率达林顿管，它的 BE 结内并联了泄放电阻，所以使用指针万用表检测它的 BE 结反向电阻时有 6.2kΩ 左右的阻值。



a)　　b)

c)

图 2-63　指针万用表判别达林顿管的好坏

a）BE 结正、反向阻值　b）BC、CE 结正向阻值　c）BC、BE、CE 结反向电阻

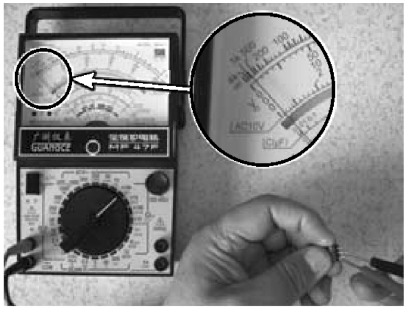
五、大功率场效应晶体管的非在路测量 ★★★

★ 1. 引脚的判别

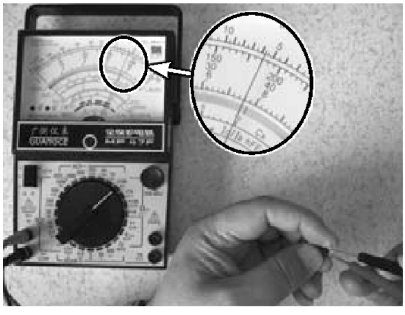
使用指针万用表触发大功率场效应晶体管的方法和步骤如图 2-64所示。

首先，将指针万用表置于 R×10k 挡，黑表笔接 D 极，红表笔接 S 极，阻值应大于 500kΩ，如图 2-64a 所示；此时，红表笔仍接 S 极，用手指点 G 极或用黑表笔将 D、G 极短接后，D、S 极间的阻值应迅速变小，如图 2-64b 所示；手指离开后，D、S 极间的阻值仍保持较小，说明该管被触发导通，并且该管为 N 沟道场效应晶体管，

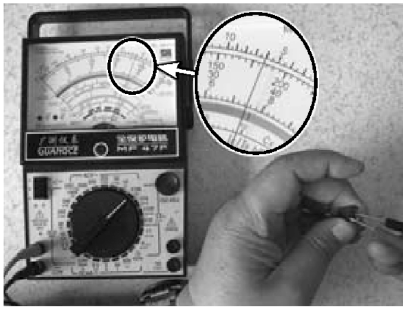
如图 2-64c 所示。经前面操作后，D、S 极间阻值仍为无穷大，说明该管没有被触发导通，此时用黑表笔接 S 极，红表笔短接 D、G 极后，再测 D、S 极阻值迅速减小，说明该管被触发导通，并且该管为 P 沟道场效应晶体管，如图 2-65 所示。



a)



b)

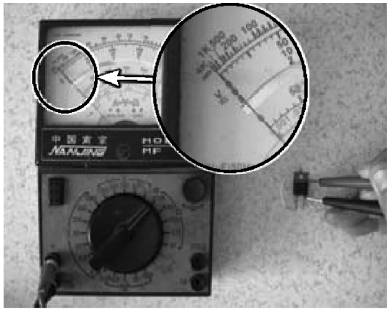


c)

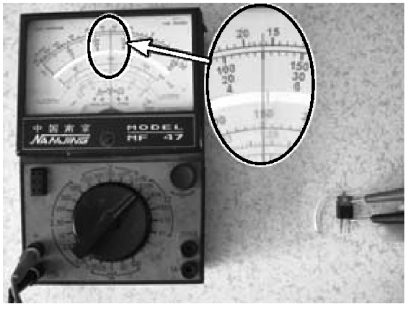
图 2-64　用指针万用表触发 N 沟道场效应晶体管

提　示

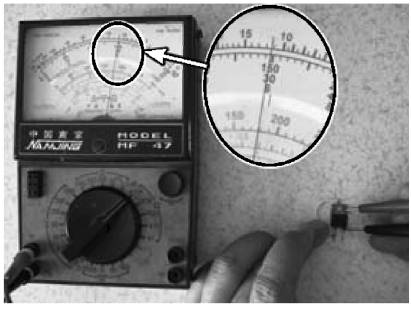
部分场效应晶体管在测量 G、S 极间阻值时就会触发其导通。用表笔同时短接场效应晶体管的三个引脚后，就可以使其恢复截止，如图 2-66 所示。



a)



b)



c)

图 2-65　用指针万用表触发 P 沟道大功率场效应晶体管

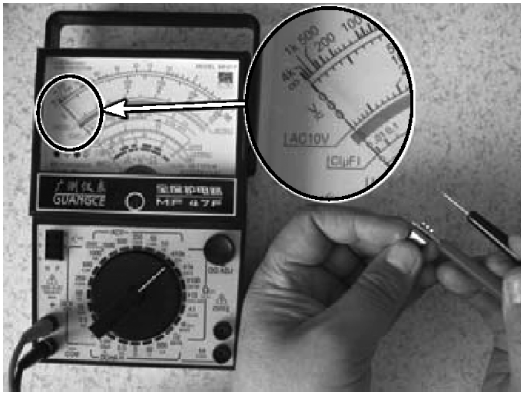


图 2-66　触发后场效应晶体管的截止

★ 2. 测量

对于内置二极管的场效应晶体管，在正常时，除了漏极与源极的正向电阻值较小外，其余各引脚之间（G 与 D、G 与 S）的正、反向电阻值均应为无穷大。若测得某两极之间的电阻值接近 0Ω，则说明该管已击穿损坏。确认被测管子的阻值正常后，再按图 2-64、图 2-65 所示的方法对其进行触发，若能够触发导通，则说明管子正常，否则说明它已损坏或性能下降。

提　示

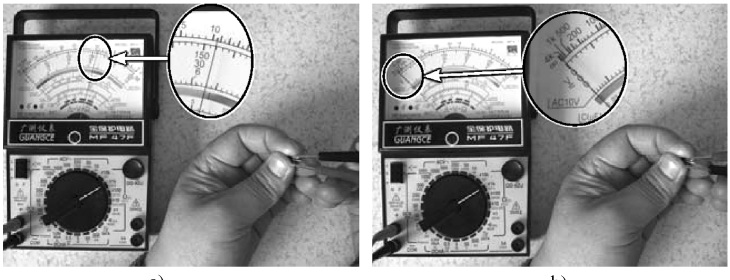
对于没有内置二极管的场效应晶体管，三个极间的正、反向电阻值都应为无穷大。

六、晶闸管的非在路测量 ★★★

★ 1. 单向晶闸管的非在路测量

（1）引脚（电极）、好坏的判别

由于单向晶闸管的 G 极与 K 极之间仅有一个 PN 结，所以这两个引脚间具有单向导通特性，而其他引脚间的阻值应为无穷大。判别时，先将指针万用表置于 R ×1k 挡，任意测单向晶闸管两个引脚的阻值，测试时指针指示的数值为 10kΩ 左右时，说明黑表笔接的引脚为 G 极，红表笔接的是 K 极，剩下的引脚为 A 极，如图 2-67 所示。



a)　　b)

图 2-67　单向晶闸管的引脚判别

a）G、K 极间正向电阻　b）其他极间正、反向电阻

若极间阻值过小或 G、K 极间不能呈现单向导通特性，则说明被测的单向晶闸管损坏。

（2）单向晶闸管触发能力的判别

业余情况下，多使用指针万用表检测单向晶闸管的触发能力。**使用指针万用表检测单向晶闸管的触发能力时，应采用 R ×1 挡**。检测方法如图 2-68 所示。

将红表笔接 K 极，黑表笔接 A 极，阻值为无穷大，说明晶闸管截止，如图 2-68a 所示；此时用黑表笔瞬间短接 A、G 极，为 G 极提供触发电压，如图 2-68b 所示；随后测 A、K 极之间的阻值为 20Ω 左右，说明晶闸管被触发导通并能维持导通状态。否则，说明该晶闸管损坏。

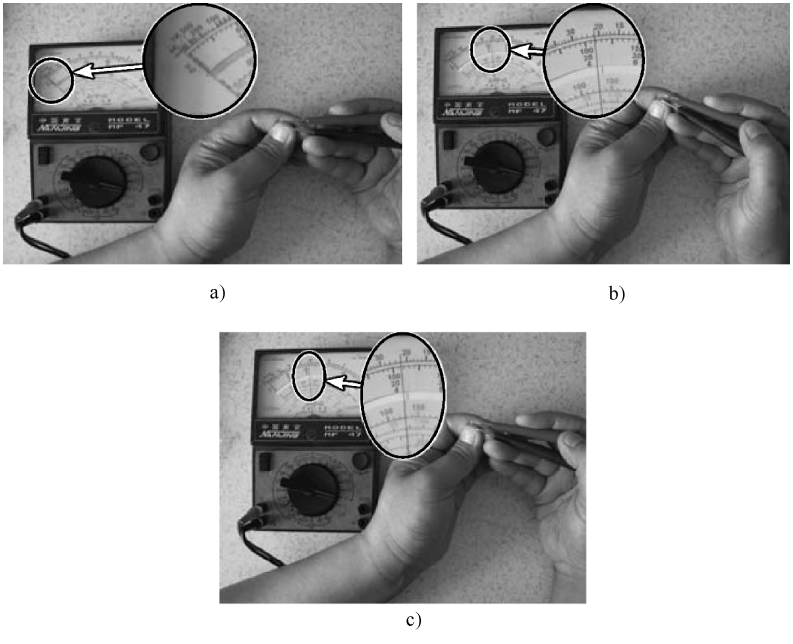


图 2-68　单向晶闸管的触发能力的测量

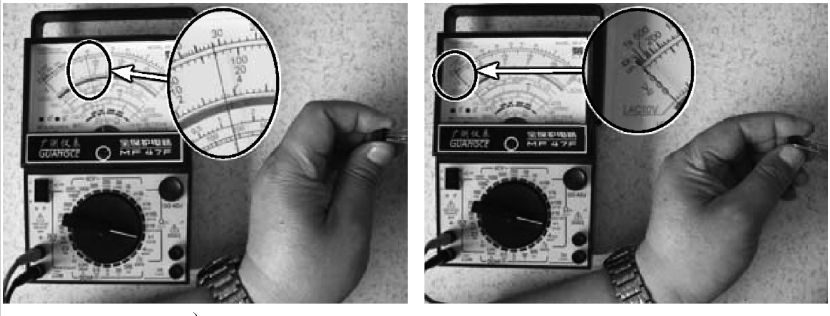
a）触发前　b）触发　c）触发后

提　示

触发大功率单向晶闸管时，不仅需要将万用表置于 R×1 挡，而且需要在一个表笔上串接 1 节或 2 节 1.5V 电池，通过加大触发电流来提高触发能力。

★ 2. 双向晶闸管的非在路测量

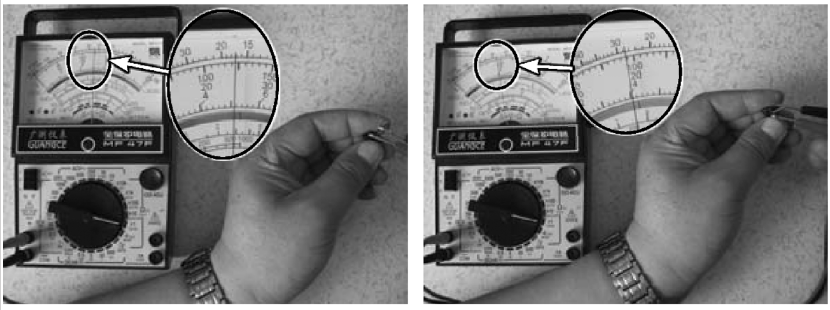
采用指针万用表对双向晶闸管的引脚进行识别或对其好坏进行检测时，先将指针万用表置于 R×1 挡，任意测双向晶闸管两个引脚的阻值，当一组的阻值为 30Ω 左右时，说明这两个引脚为 G 极和 T1 极，剩下的引脚为 T2 极，如图 2-69a 所示；随后，假设 T1 和 G 极中的任意一脚为 T1，将黑表笔接 T1，红表笔接 T2 极，此时的阻值为无穷大，说明晶闸管截止，如图 2-69b 所示；用表笔瞬间短接 T2、G 极，为 G 极提供触发电压，如果阻值由无穷大变为 28Ω 左右，则说明晶闸管被触发导通并维持导通，如图 2-69c、图 2-69d 所示。调换表笔重复上述操作，结果相同时，说明假定正确。若调换表笔操作时，阻值仅能在短时间内为几十欧，随后增大，则说明晶闸管不能维持导通，假定的 G 极实际为 T1 极，而假定的 T1 极为 G 极；若被测管不能触发导通，则说明触发电流小或被测管异常。



a)　　b)

图 2-69　双向晶闸管好坏及触发能力的测量

a）T1、G 极间阻值　b）T2、T1 间的阻值



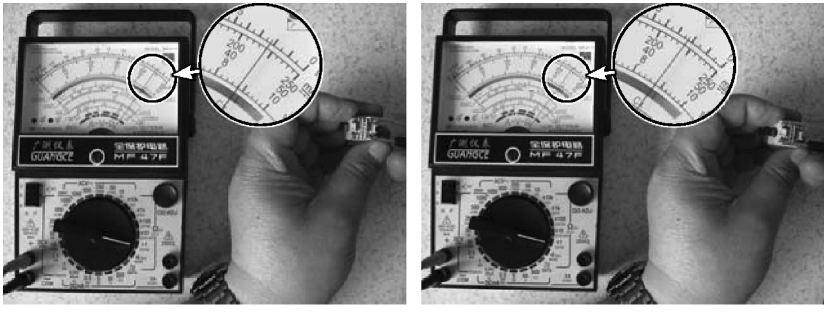
c)　　d)

图 2-69　双向晶闸管好坏及触发能力的测量（续）
c）触发　d）导通后的 T1、T2 间的阻值

七、互感器的非在路测量 ★★★

★ 1. 共模滤波器的非在路测量

确认共模滤波器的外观正常后，可采用万用表测量线圈是否正常，使用 R×1 挡测两个线圈的阻值应相同，如图 2-70 所示。若阻值过大，则说明线圈开路。



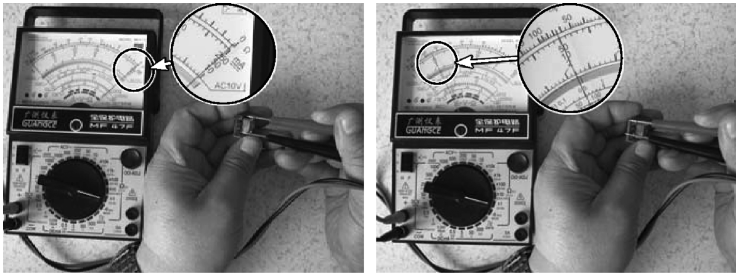
a)　　b)

图 2-70　共模滤波器的非在路测量

★ 2. 电磁炉电流互感器的非在路测量

采用指针万用表 R×1 挡测量电磁炉电流互感器时，测量它的一次绕组阻值近于 0，如图 2-71a 所示，二次绕组阻值为 60Ω 左右，

如图 2-71b 所示。若阻值差异过大，则说明电流互感器异常。



a)　　b)

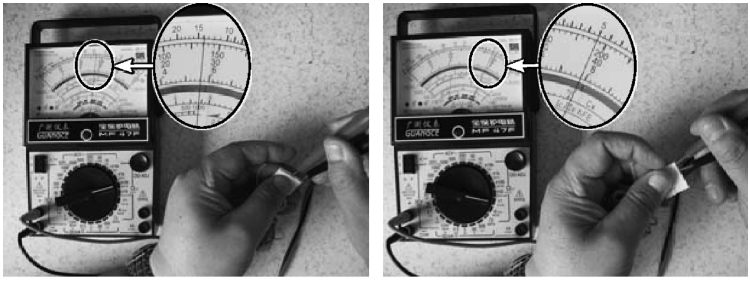
图 2-71　电磁炉电流互感器的非在路测量

a）一次绕组的阻值　b）二次绕组的阻值

八、变压器的非在路测量 ★★★

★ 1. 电源变压器的非在路测量

下面以空调器通用板的电源变压器为例介绍普通电源变压器的测量。因一次绕组电流小，漆包线的匝数多且线径细，使得它的直流电阻较大，所以采用 R×100 挡测量，阻值为 1.4kΩ，如图 2-72a 所示。而二次绕组虽然输出电压低，但电流大，所以二次绕组的漆包线的线径较粗且匝数少，阻值较小，所以采用 R×1 挡测量，阻值为 5Ω，如图 2-72b 所示。若一次绕组的阻值为无穷大，则说明一次绕组开路。



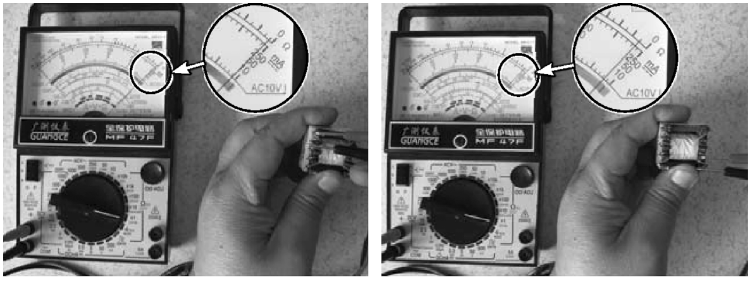
a)　　b)

图 2-72　电源变压器的非在路测量

a）一次绕组的阻值　b）二次绕组的阻值

★ 2. 开关变压器的非在路测量

用万用表的 R×1 挡测开关变压器每个绕组的阻值，正常时阻值较小，如图 2-73 所示。若阻值过大或为无穷大，则说明绕组开路；若阻值时大时小，则说明绕组接触不良。



a)　　b)

图 2-73　开关变压器的非在路测量

a）一次绕组的阻值　b）二次绕组的阻值

提　示

开关变压器的故障率较低，但有时也会出现绕组线圈匝间短路或绕组引脚根部漆包线开路的现象。

方法与技巧

由于用万用表很难确认绕组线圈匝间短路，所以最好采用同型号的高频变压器代换检查；引脚根部的铜线开路时，多会导致开关电源没有一种电压输出，这种情况可直接更换或拆开变压器后接好开路的部位。

九、扬声器/蜂鸣片的非在路测量 ★★★

★ 1. 简介

扬声器俗称喇叭，是一种十分常用的电声换能器件，是音响、

电视机、收音机、放音机、复读机等电子产品中的主要器件。在电路中常用字母 HA 表示。常见的扬声器实物与电路符号如图 2-74 所示。

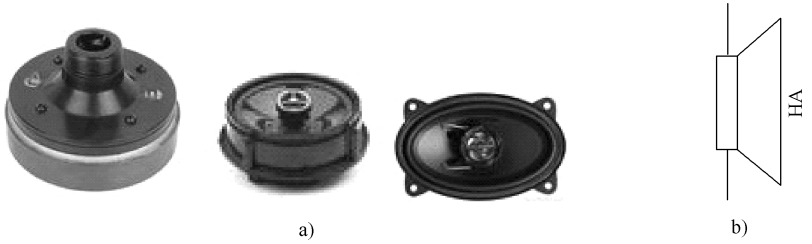


图 2-74　常见的扬声器实物与电路符号
a）实物　b）电路符号

★ 2. 测量

将指针万用表置于 R × 1 挡，用红表笔接音圈（线圈）的一个接线端子上，用黑表笔点击另一个接线端子，若扬声器能够发出“咔咔”的声音，并且表针摆动，则说明扬声器正常，如图 2-75 所示。否则，说明扬声器的音圈或引线开路。

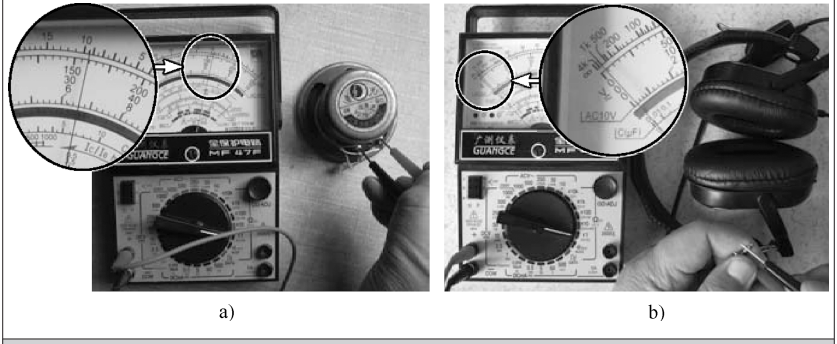


图 2-75　指针万用表非在路测量扬声器
a）电视机扬声器　b）耳机扬声器

提　示

由于指针万用表 R×1 挡的电流较大，所以用它测量扬声器音圈的阻值时扬声器能发出“咔咔”声。这样，使扬声器的检测变得更直观准确。蜂鸣片非在路测量时也可以采用该方法。

十、电加热器的非在路检测 ★★★

电加热器广泛应用在工业设备、家用电器等领域。下面以常见的电加热环为例介绍它的测量方法。

确认加热环的外观和接线端子正常后，将万用表置于 R×1 挡，两个表笔接在接线端子上，若测得的阻值为 36Ω，则说明它正常，如图 2-76 所示。若阻值为无穷大，则说明它已开路；若阻值时大时小，则说明接触不良。

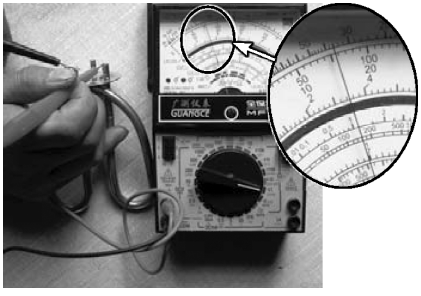


图 2-76　电加热器导通电阻的检测

提　示

测量它的绝缘电阻时，先将万用表置于 R×10k 挡，一个表笔接接线端子，另一个表笔接加热器的外壳，阻值应为无穷大，若有阻值，则说明它已漏电。

十一、电磁继电器的非在路测量 ★★★

下面以 ZD-3FF 型 12V 直流电磁继电器为例介绍继电器的检测

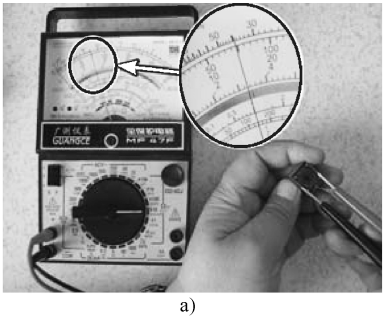
方法，如图 2-77 所示。

★ 1. 电磁继电器好坏的判断

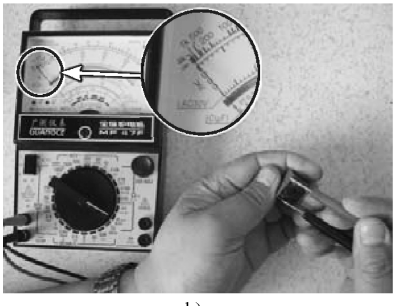
将指针万用表置于 R×10 挡，将两表笔分别接到继电器线圈的两引脚，测量线圈的阻值为 390Ω，若阻值与标称值基本相同，则表明线圈良好，如图 2-77a 所示；若阻值为∞，则说明线圈开路；若阻值小，则说明线圈短路。但是，通过万用表测量线圈的阻值很难判断线圈是否匝间短路。

提　示

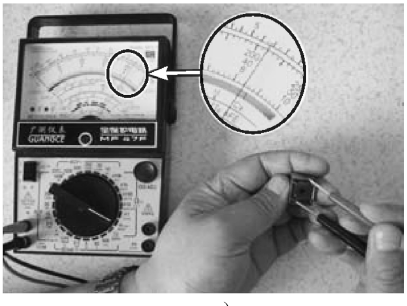
继电器的型号不一样，其线圈电阻的阻值也不一样，通过测量线圈的直流电阻，只能初步判断继电器是否正常。



a)



b)



c)

图 2-77　电磁继电器的好坏判断

a）线圈的测量　b）常开触点的测量　c）常闭触点的测量

如图 2-77b 所示，将指针万用表置于通断测量挡，表笔接常开触点两引脚间的阻值应为∞；若阻值为 0，则说明常开触点粘连；若有一定的阻值，则说明内部漏电。

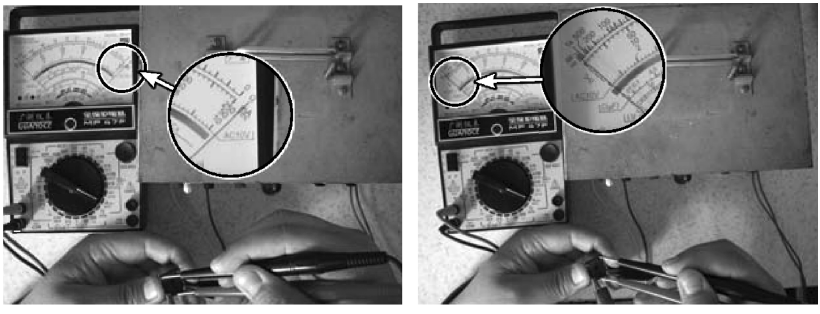
如图 2-77c 所示，将指针万用表置于通断测量挡，表笔接常闭触点两引脚间的阻值应为 0，并且蜂鸣器鸣叫；若阻值较大，蜂鸣器不鸣叫，则说明常闭触点开路；若阻值大，则说明触点碳化或接触不良。

提　示

若万用表没有通断测量功能，应使用 R×1 挡测量触点引脚间的阻值，触点接通时的阻值应为 0。

★ 2. 闭合/释放转换测量

如图 2-78 所示，用直流稳压电源为继电器的线圈供电，使衔铁动作，将常闭触点转为断开，而将常开触点转为闭合，再检测触点引脚的阻值，若阻值正好与未加电时的测量结果相反，则说明该继电器触点转换正常。否则，说明该继电器损坏。

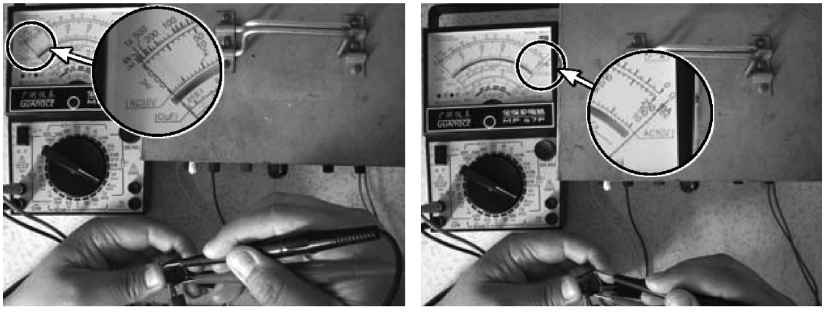


常闭触点闭合　　常开触点断开

a)

图 2-78　电磁继电器触点转换的测量

a）继电器线圈没有供电



常闭触点断开　　常开触点吸合

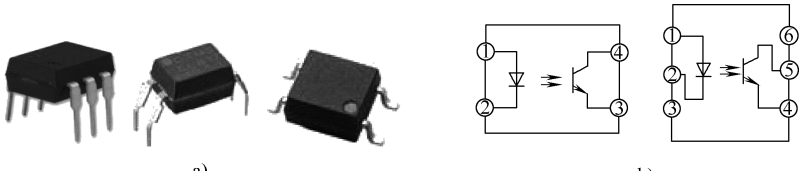
b)

图 2-78　电磁继电器触点转换的测量（续）

b）继电器的线圈有供电

十二、光耦合器的非在路测量 ★★★

光耦合器又称光电耦合器或光耦，它广泛应用在电子产品的各种控制电路中。常见的光耦合器有 4 脚直插和 6 脚两种，典型实物和电路符号如图 2-79 所示。



a)　　b)

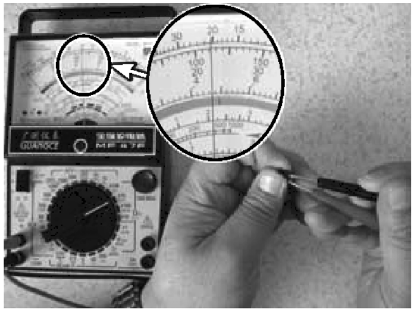
图 2-79　光耦合器实物和电路符号

a）实物　b）电路符号

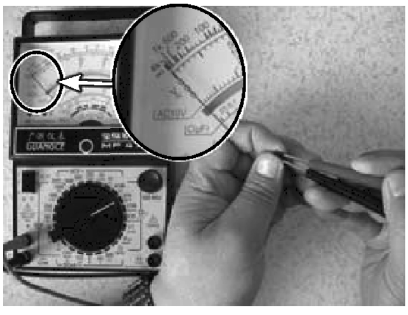
光耦合器通常由一只发光二极管和一只光敏晶体管构成。当发光二极管流过导通电流后开始发光，光敏晶体管受到光照后导通，这样通过控制发光二极管导通电流的大小，改变其发光的强弱就可以控制光敏晶体管的导通程度，所以它属于一种具有隔离传输性能的器件。

★ 1. 引脚的判别

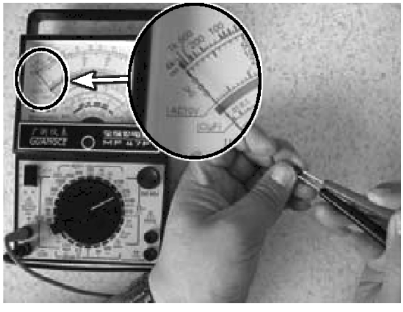
用万用表 R ×1k 挡测量，当出现图 2-80a 所示的 20kΩ 左右阻值时，说明黑表笔接的引脚是发光二极管的正极，红表笔接的是发光二极管的负极；调换表笔，测它的反向电阻值应为无穷大，如图 2-80b所示。而光敏晶体管 CE 结的正、反向电阻值都应为无穷大，如图 2-80c 所示。若发光二极管的正向电阻大，则说明导通电阻大；若发光二极管的反向电阻或光敏晶体管的 CE 结电阻小，则说明发光二极管或光敏晶体管漏电。



a)



b)



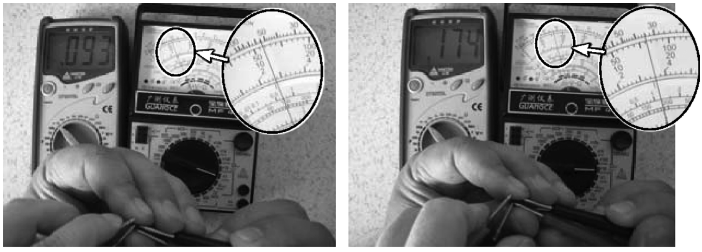
c)

图 2-80　光耦合器的引脚判别

a）发光二极管正向电阻　b）发光二极管反向电阻　c）光敏晶体管 CE 结正、反向电阻

★ 2. 光电效应的检测

检测光耦合器的光电效应时需要采用两块指针万用表或指针万用表、数字万用表各一块，测试方法如图 2-81 所示。



a)　　b)

图 2-81　指针万用表检测光耦合器的光电效应

a）R×1 挡检测　b）R×10 挡检测

将数字万用表置于二极管挡，表笔接在光敏晶体管的 C、E 极上，再将指针万用表置于 R×1 挡，黑表笔接发光二极管的正极、红表笔接发光二极管的负极，此时数字万用表显示屏显示的导通压降值为 0.093，表笔不动，将指针万用表置于 R×10 挡后，导通压降值增大为 0.174。这说明，增大指针万用表的挡位，使流过发光二极管的电流减小后，光敏晶体管的导通程度可以减弱，也就可以说明被测试的光耦合器 PC123 的光电效应正常。

提　示

在使用 R×1、R×10 挡为发光二极管提供电流时，光敏晶体管的导通程度与万用表内的电池容量成正比，也就是指针万用表的电池容量下降后，会导致数字万用表检测的数值增大。

方法与技巧

若没有指针万用表，也可以将一节 5 号电池负极与一只 1kΩ 可调电阻串联后，为光耦合器的发光二极管供电，再调整可调电阻的阻值，为发光二极管提供的电流由小到大时，若光敏晶体管的 CE 结导通压降（CE 结内阻）可以随之变小，则说明被测的光耦合器正常。

十三、光电开关的非在路测量 ★★★

★ 1. 识别

光电开关是通过把光强度的变化转换成电信号的变化来实现控制的。光电开关主要应用在录像机、复印机、打印机等电子产品内。常见的光电开关实物如图 2-82 所示。

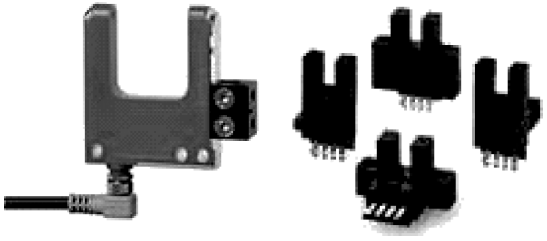


图 2-82　常见的光电开关实物

★ 2. 引脚的判别

由于发光二极管具有二极管的单向导通特性，所以测量时只要发现两个引脚的阻值为单向导通特性，则说明这一侧是发光二极管，另一侧为光敏晶体管的引脚。用万用表的 R ×1k 挡测发光二极管的正向电阻值为 20kΩ 左右，反向电阻值为无穷大。而光敏晶体管 C、E 极间的正、反向电阻值都应为无穷大，如图 2-83 所示。若光发射管的正向电阻值大，则说明导通电阻大；若发光二极管的反向电阻值或光敏晶体管的 CE 结电阻值小，则说明光发射管或光敏晶体管漏电。

★ 3. 光电效应的检测

检测光电开关的光电效应时需要采用两块指针万用表或指针万用表、数字万用表各一块，测试方法如图 2-84 所示。

将数字万用表置于二极管挡，表笔接在光接收管的 C、E 极上，再将指针万用表置于 R ×1 挡，黑表笔接光发射管的正极、红表笔接光发射管的负极，为光发射管（发光二极管）提供导通电流，使其发光，致使光接收管因受光照而导通，此时显示屏显示的导通压降值为 0.146，表笔不动，将指针万用表置于 R ×10 挡后，显示屏显示

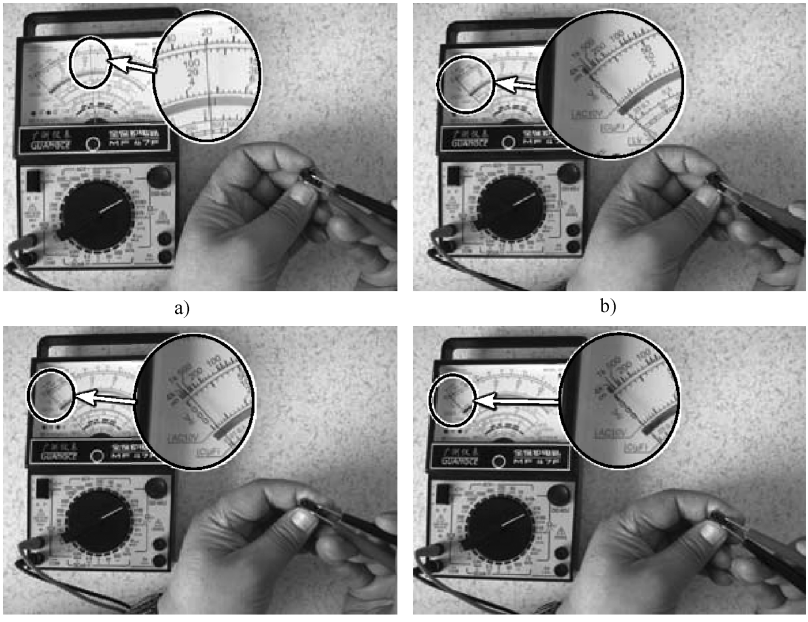


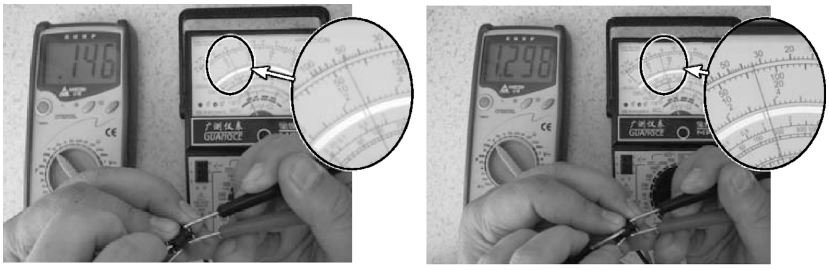
图 2-83　光电开关的引脚判别

a）发光二极管正向电阻　b）发光二极管反向电阻　c）光敏晶体管 CE 结正向电阻　d）光敏晶体管 CE 结反向电阻

的导通压降值增大为 1.298。这说明在增大指针万用表的挡位，使流过光发射管的导通电流减小后，光接收管的导通程度减弱，被测试的光电开关的光电效应正常。值得一提的是，测试过程中，若将不透光的物体放在光电开关的槽中间，光接收管的阻值会变为无穷大，说明光接收管在无光照时能截止。

提　示

在使用 R×1、R×10 挡为光发射管提供电流时，光发射管的导通程度与万用表内的电池容量成正比，也就是指针万用表的电池容量下降后，会导致数字万用表检测的数值增大。



a)　　b)

图 2-84　指针万用表检测光电开关的光电效应

a）R×1 挡检测　b）R×10 挡检测

方法与技巧

若没有指针万用表，也可以将一节 5 号电池串联一只 1kΩ 的可调电阻后，为光发射管供电，再调整可调电阻的阻值，为光发射管提供的电流由小到大时，若光接收管的 CE 结导通压降（CE 结电阻）可以随之变小，则说明被测光电开关是正常的。

第三章

指针万用表电压挡使用轻松入门

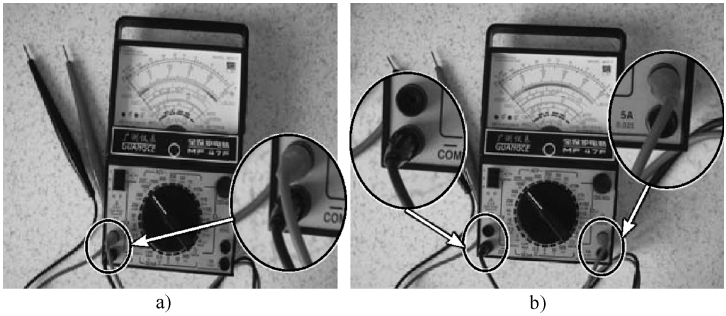
第一节　指针万用表直流电压挡使用轻松入门

通过直流电压挡测量元器件或单元电路的直流电压值，是判断元器件或电路件是否正常的主要方法。下面以典型的 MF47-F 型万用表为例介绍指针万用表的直流电压挡使用方法与技巧。

一、直流电压挡的使用方法 ★★★

★ 1. 安装表笔

需要测量 1000V 以内的直流电压时，先将黑表笔（负表笔）插入 COM 插孔内，将红表笔（正表笔）插入“+”插孔内，如图 3-1a 所示。需要测量超过 1000～2500V 范围内的高电压时，则需要将红表笔插入 2500V 的插孔内，如图 3-1b 所示。



a)　　b)

图 3-1　指针万用表直流电压挡的表笔安装位置
a）测量 1000V 以内电压　b）测量 1000～2500V 电压

注意

因直流电压是有极性的，所以红表笔和黑表笔绝对不能插反，否则在测量时表针会反转，轻则会将表针打弯，重则会损坏表头。

★ 2. 挡位选择

需要测量直流电压时，要先根据电压的高低选择好直流电压挡位，若被测电压低于 2.5V，则选择 2.5V 直流电压挡；若被测电压为 2.5～10V，则选择 10V 直流电压挡；若被测电压的范围为 10～50V，选择 50V 直流电压挡，以此类推。选择正确的测量挡位，让表针摆到刻度盘的 1/3～2/3 的范围内，不仅可以测得准确的电压值，而且更便于读取电压值，如图 3-2 所示。

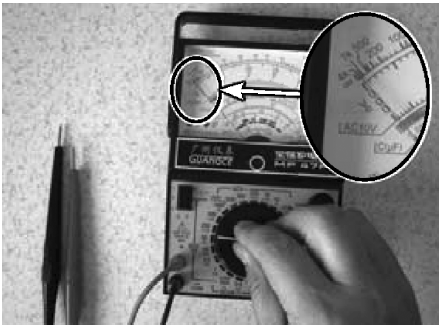


图 3-2　指针万用表的直流电压挡选择

★ 3. 电压值的读取

测量交流电压值时，表针停留在第二条标尺（刻度线）位置，如图 3-3 所示。当转换功能开关置于 250V 挡时，读数为 130V；转换功能开关置于 50V 挡时，读数为 27V；转换功能开关置于 10V 时，读数为 5.3V。

图 3-3 内的第三条标尺是为了提高 0～2.5V 直流电压读数精度而设置的，它的左端为 0，右端为 2.5V，所以读数要从左向右读，也就是表针越靠近右端，数值越大。

提　示

目前，大部分指针万用表未单独设置 0～2.5V 标尺，而采用了 250V 的标尺。使用 2.5V 挡时，取 250V 标尺的读数再除以 100 即可。在不能确认被测直流电压范围时，应先选择较高的直流电压挡位，观察表针的摆动位置后再调整到合适的挡位，让表针摆到刻度盘的 1/3～2/3 的范围内比较理想。

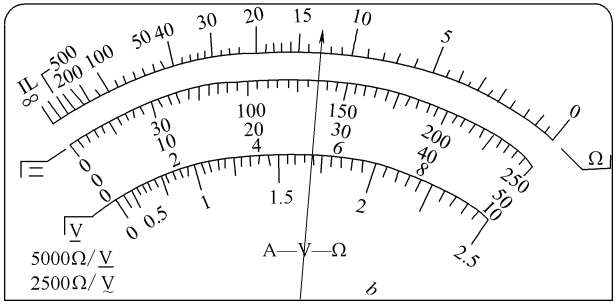


图 3-3　电压挡读数示意图

二、直流电压挡使用的注意事项 ★★★

1）**测量时，必须是黑表笔接在公用地端（或低电位），红表笔接被测电路的高电位端**。若表笔的极性接反，必然会导致表针向左摆动（反转），不仅容易导致指针撞弯，而且还可能损坏表头。

方法与技巧

若不能确认被测点电压的极性，可先将黑表笔接在公共接地上，用红表笔点击被测点，若表针反转，则说明被测点是负电位，需要调换表笔，才能继续测量；若表针向右摆动，则说明被测点是正电位，可继续测量。

2）**在测量较高电压时不能转换量程（挡位），必须在表笔脱离电路后才能转换量程**，以免量程开关的触点被大电流烧蚀。

3）测量开关电源输出电压，在测量时发现电压超过正常值，应迅速切断电源，以免导致负载过电压损坏或导致万用表的表头过电压损坏。

4）测量彩电行输出管集电极上的直流电压时，应在断电的情况下接好表笔（黑表笔接地，红表笔接行输出管集电极上），再为彩电通电，测量电压，以免在开机期间，红表笔接行输出管集电极时，因较高的反峰电压而产生拉弧或测量数值可能不准确等异常现象。

5）**不能误用电阻挡测量直流电压**，否则会导致万用表内的熔断器（保险管）或限流电阻熔断，甚至会导致表头损坏。

三、直流电源输出电压的测量 ★★★

测量直流电源输出的 10V 电压时，首先选择直流 50V 电压挡，此时表针停留在 50 刻度线的 14 的位置，所测数值为 14 × 1 = 14，说明该电源输出的电压为 14V，如图 3-4 所示。

提　示

由于该直流电源未设置稳压电路，所以 10V 电压挡位输出的空载电压可达到 14V 左右。

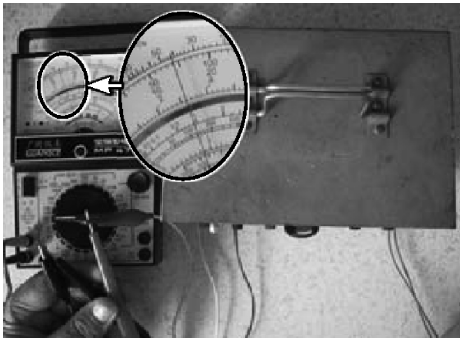
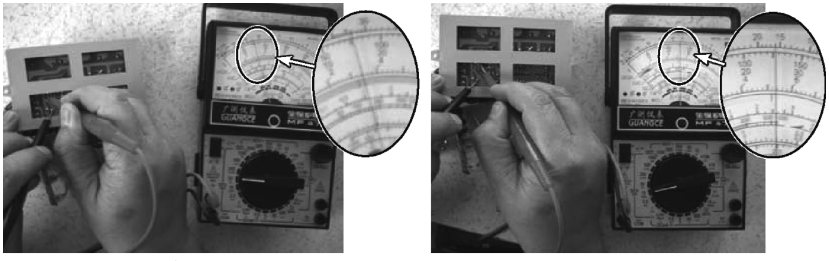


图 3-4　直流稳压电源输出电压的检测

四、三端不可调稳压器的测量 ★★★

检测三端不可调稳压器时，可采用电阻测量法和电压测量法两种方法。而实际测量中，一般都采用电压测量法。下面以三端稳压器 78L05 为例进行介绍，测量过程如图 3-5 所示。

为该电路板输入市电电压，使 5V 电源工作后，用 5V 直流电压挡测量 78L05 的供电端与接地端之间的电压为 15V，如图 3-5a 所示；确认输入电压正常后，改用 10V 直流电压挡测输出端与接地端间的电压为 5V，如图 3-5b 所示，说明该稳压器正常。若输入端电压正常，而输出端电压异常，则为稳压器异常。



a) b)

图 3-5 三端稳压器 78L05 输出电压的测量

a）输入端电压 b）输出端电压

提 示

若直流稳压器空载电压正常，而接上负载时，输出电压下降，则说明负载过电流或稳压器带载能力差，这种情况对于缺乏经验的人员最好采用代换法进行判断，以免误判。

五、三端可调稳压器的测量 ★★★

三端可调稳压器的检测可采用电阻测量法和电压测量法两种方法。而实际测量中，一般都采用电压测量法。下面以三端稳压器 LM317 为例进行介绍，测量电路如图 3-6 所示。

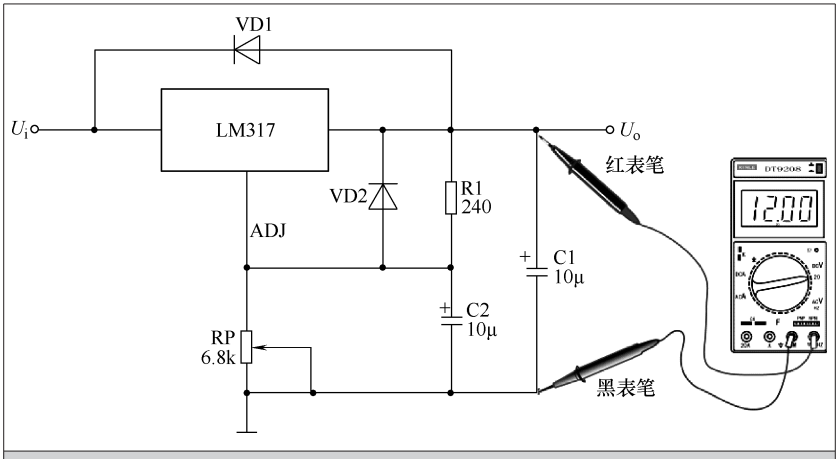


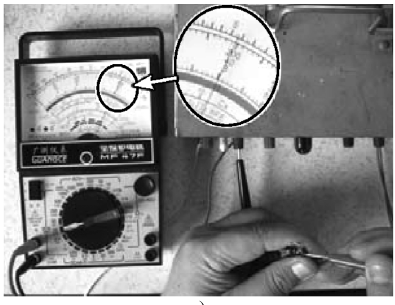
图 3-6　三端稳压器 LM317 的检测电路

将可调电阻 RP 左旋到头，使 ADJ 端子电压为 0 时，用数字万用表或指针万用表的电压挡测量滤波电容 C1 两端电压应低于 1.25V，随后慢慢向右旋转 RP，使 C2 两端电压逐渐升高时，C1 两端电压也应逐渐升高，最高电压能够达到 37V。否则，说明 LM317 异常。

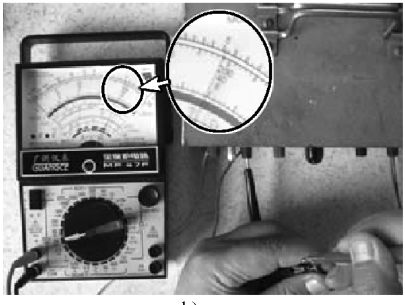
六、四端稳压器的输出电压测量 ★★★

四端稳压器属于受控型稳压器，它的检测可采用电阻测量法和电压测量法两种方法。而实际测量中，通常采用电压测量法。下面以典型的 PQ3RD23 为例进行介绍。

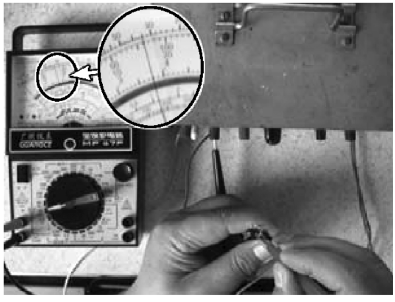
参见图 3-7，将 PQ3RD23 的供电端①脚和接地端③脚通过导线接在直流电源的正、负电压输出端子上，再将一只 10kΩ 电阻接在①脚和控制端④脚上，为④脚提供高电平控制信号。随后，将稳压电源调在 8V 直流电压输出挡上，用 10V 电压挡测 PQ3RD23 的①脚与③脚之间的电压为 8.07V，测它的④、③脚间电压为 8.06V，测它的输出端②、③脚间电压为 3.28V，说明 PQ3RD23 正常。若②脚无电压输出，在确认①脚和④脚电压正常后，则说明它损坏。



a)



b)



c)

图 3-7　指针万用表电压挡测量四端稳压器 PQ3RD23

a）① 脚电压　b）④ 脚电压　c）② 脚电压

第二节　指针万用表交流电压挡使用轻松入门

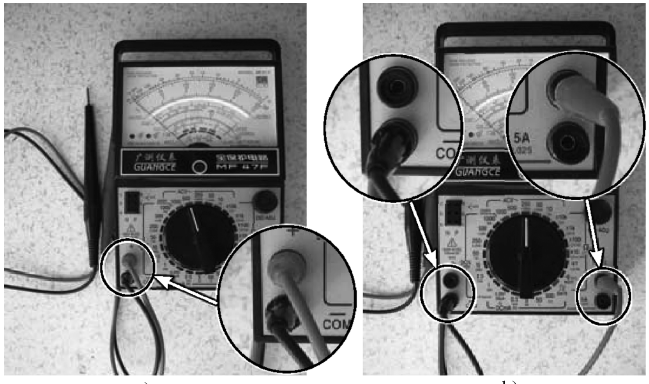
通过指针万用表的交流电压挡测量元器件或单元电路的交流电压值，是判断元器件或电路件是否正常的主要方法。下面以典型的 MF47-F 型万用表为例介绍指针万用表的交流电压挡使用方法与技巧。

一、交流电压挡的使用方法 ★★★

★ 1. 安装表笔

测量不足 1000V 的交流电压时，先将黑表笔（负表笔）插入“－”插孔内，将红表笔（正表笔）插入“＋”插孔内，如图 3-8a 所示；若需要测量超过 1000V，但低于 2500V 的交流电压时，需要

将表笔插入2500V的插孔，如图3-8b所示。



a)　　b)

图3-8　指针万用表的交流电压挡表笔安装位置

a）普通交流电压插孔　b）2500V插孔

提　示

因交流电压没有正、负极性，所以测量交流电压时，不必考虑表笔的极性。

★ 2. 挡位选择与读取数值

只要根据被测电压的高低选择好量程即可，如图3-9所示。测量时，让表针摆到刻度盘的1/3～2/3的范围内比较理想。

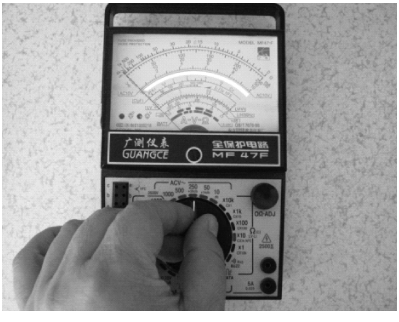


图3-9　交流电压挡位选择

提　示

测量时，若不能确认被测交流电压范围，应先选择较高的交流电压挡位，观察表针的摆动位置后再调整到合适的挡位。使用 2500V 电压挡时，应该采用 250V 的刻度线读取数值，表针摆到的位置再乘以 10，就是所测的电压值。

二、交流电压挡使用的注意事项 ★★★

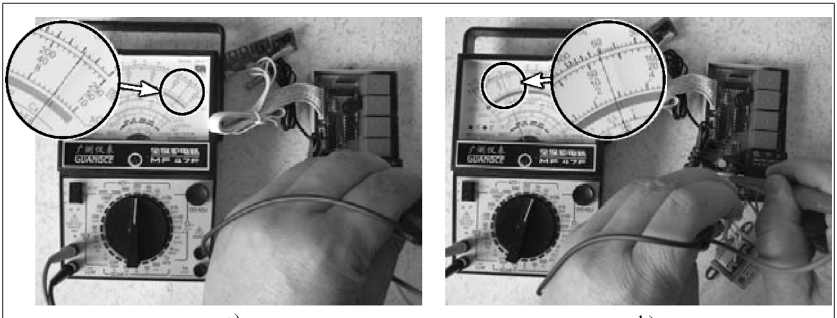
1）**在测量较高的交流时不能转换量程**，必须在表笔脱离电路后才能转换量程，以免量程开关的触点被大电流烧蚀。

2）**测量较高的交流电压时，不要采用两只手同时测量**，以免表笔漏电而发生触电等事故。

3）**不能误用电阻挡测量交流电压**，否则会导致万用表内的熔断器（保险管）或限流电阻熔断，甚至会导致表头损坏。

三、变压器输入/输出电压测量 ★★★

图 3-10 所示是 12V 变压器输入/输出电压测量示意图。首先，将万用表置于交流 250V 挡，测电源变压器的一次绕组输入的市电电压为 225V，如图 3-10a 所示；将万用表置于 50V 挡，将表笔接变压



a)　　b)

图 3-10　电源变压器输入/输出电压的测量

a）输入电压　b）输出电压

器的二次绕组输出线时，表针摆到50V刻度线的12位置，说明输出的交流电压为12V，如图3-10b所示。

提　示

测量变压器输出电压时，不一定都是标称值，因为这与市电电压高低有关系。

第四章

指针万用表其他功能挡使用轻松入门

第一节　指针万用表通断测量挡使用轻松入门

目前，**许多新型指针万用表设置了通断测量功能挡（俗称蜂鸣挡），不仅方便测量线路通断，而且便于测量熔断器、开关、电感等元器件是否正常**。下面以典型的 MF47-F 型万用表为例介绍指针万用表的通断测量挡使用方法与技巧。

提　示

若使用的指针万用表没有通断测量功能，应采用 R×1 挡测量。

一、通断测量挡的使用方法 ★★★

通断测量挡的使用方法和使用电阻挡一样，先将红表笔（正表笔）插入“+”插孔内，将黑表笔（负表笔）插入 COM 插孔内，随后对其进行欧姆调零。

需要对线路和开关等元器件进行检测时，用两个表笔接在线路或元器件两端，若线路或开关等元器件是断路或电阻较大，则蜂鸣器不能鸣叫；若线路或元器件是接通的，则蜂鸣器鸣叫，并且表针右摆。蜂鸣器鸣叫的音量与被测线路或元器件电阻成反比。

二、使用通断测量挡的注意事项 ★★★

通断测量挡的注意事项和电阻挡基本相同，这里不再介绍。

三、熔断器的测量 ★★★

熔断器俗称保险丝、保险管，它起过电流保护功能，所以安装在电气设备供电回路的最前面。当负载因过电流或过热，并且达到熔断器标称值后它自动熔断，切断供电回路，避免故障进一步扩大，实现过电流保护。熔断器在电路中通常用 F、FU、FUSE、BA 等表示，它的电路符号如图 4-1 所示。

★ 1. 分类

熔断器按工作性质分有过电流熔断器和过热熔断器两种；按封装结构可分为玻璃熔断器、陶瓷熔断器和塑料熔断器等多种；按电压高低可分为高压熔断器和低压熔断器两种；按能否复位分为不可恢复型熔断器和可恢复型熔断器两种；按动作时间可分为普通熔断器、快速熔断器和延时熔断器三种。

（1）普通熔断器

普通熔断器最常见的是玻璃熔断器，它是由熔体（保险丝）、玻璃壳、金属帽（电极）构成的保护元件。常见的普通熔断器实物如图 4-2 所示。

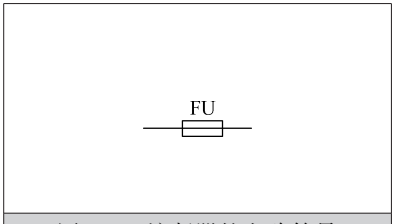


图 4-1　熔断器的电路符号

图 4-2　常见的普通熔断器实物

（2）延时熔断器

延时熔断器也叫延迟熔断器、延迟保险管，它的构成和普通熔断器基本相同，不同的是它采用的熔体具有延时性，它的熔体常用高熔点金属与低熔点金属复合而成，既有抗脉冲的延时功能，又有过电流快速熔断的特点。从外观上看，它的熔体的中间部位突起或熔体采用螺旋结构，如图 4-3 所示。延时熔断器主要应用在彩色电视机、彩色显示器内。

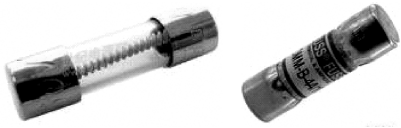


图 4-3　延时熔断器实物

（3）温度熔断器

温度熔断器也叫超温熔断器、过热熔断器或温度保险丝等，常见的超温熔断器如图 4-4 所示。温度熔断器早期主要应用在电饭锅、饮水机等电加热器设备内，现在还应用在空调器、变压器等产品内。

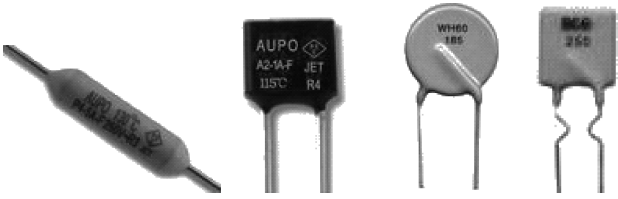


图 4-4　温度熔断器实物

温度熔断器的作用就是当它检测到的温度达到标称值后，它内部的熔体自动熔断，切断发热源的供电电路，使发热源停止工作，实现超温保护。

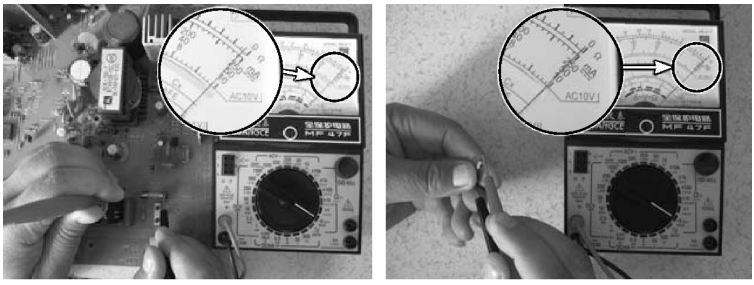
★ 2. 测量

将指针万用表置于通断测量挡，将两个表笔接在它的两个引脚上，若表针不摆动且蜂鸣器不鸣叫，则说明熔断器开路；若表针摆动到 0 且蜂鸣器鸣叫，则说明熔断器正常，如图 4-5 所示。

四、机械开关的测量 ★★★

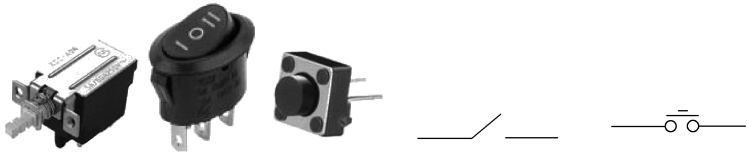
★ 1. 识别

开关主要的功能是接通、断开和切换电路。早期电路上的机械开关用 K 或 SB 表示，现在电路上多用 S 或 SX 表示。常见的开关实物与电路符号如图 4-6 所示。下面以轻触开关为例介绍采用指针万用表测量开关的检测方法。



a)　　b)

图 4-5　用指针万用表通断测量挡检测熔断器
a）在路　b）非在路



a)　　b)

图 4-6　常见的开关实物与电路符号
a）实物　b）电路符号

★ 2. 测量

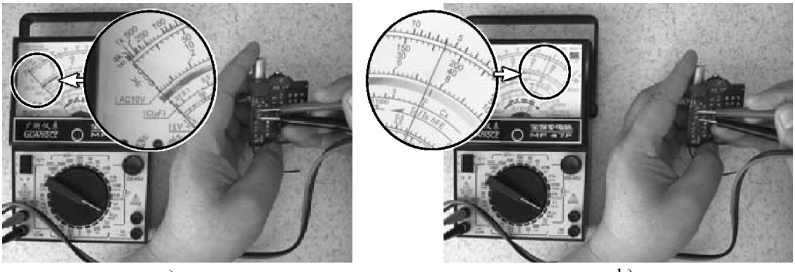
将指针万用表置于通断测量挡，将两个表笔接在它的引脚上，在未按压开关时，表针不摆动且蜂鸣器不鸣叫，说明触点处于断开状态；按压开关后使它的触点接通，表针摆动到 0 且蜂鸣器鸣叫，如图 4-7 所示。否则，说明开关损坏。

五、干簧管的非在路测量 ★★★

干簧管是一种特殊的磁敏开关。典型的干簧管实物与电路符号如图 4-8 所示。

下面以常开式两端干簧管为例介绍用指针万用表非在路测量方法。首先，将万用表置于通断测量挡，两根表笔分别接干簧管的两

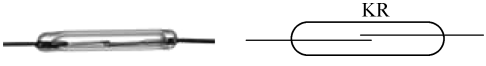
根引线，此时的表针不摆动，蜂鸣器不鸣叫，说明触点断开，如图 4-9a所示。当把干簧管靠近磁铁，万用表的表针摆动，并且蜂鸣器鸣叫，说明触点闭合，如图 4-9b 所示。否则，说明干簧管损坏。



a)　　b)

图 4-7　用指针万用表通断测量挡检测机械开关

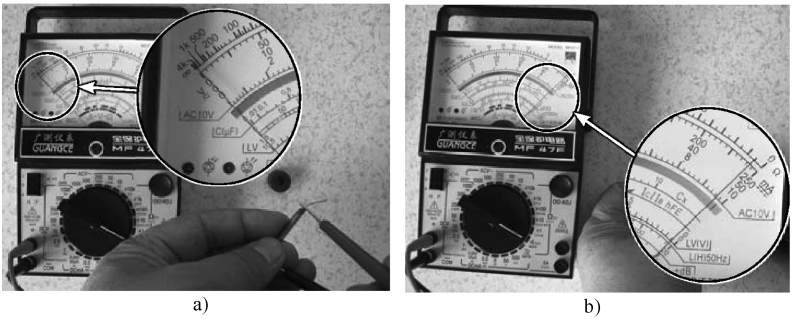
a）触点未接通　b）触点接通



a)　　b)

图 4-8　典型的干簧管实物与电路符号

a）实物　b）电路符号



a)　　b)

图 4-9　指针万用表通断测量挡非在路测量干簧管

a）远离磁铁　b）接近磁铁

六、电路通断的测量 ★★★

检测电路板的电路是否正常时，将指针万用表置于通断测量挡，将两个表笔接在需要测量的电路两端的焊点上，若表针摆动到 0 且蜂鸣器鸣叫，则说明电路正常，如图 4-10 所示；若表针不摆动且蜂鸣器不鸣叫，则说明电路开路；若蜂鸣器时叫时停，则说明电路接触不良。

七、击穿元器件的在路测量 ★★★

怀疑晶体管、二极管、场效应晶体管等元器件击穿时，将万用表置于通断测量挡，对所怀疑的元器件进行在路检测。若被测的元器件击穿，则表针摆到0 位置或近于0，并且蜂鸣器鸣叫，如图 4-11 所示，说明被测元器件或与其并联的元器件异常。

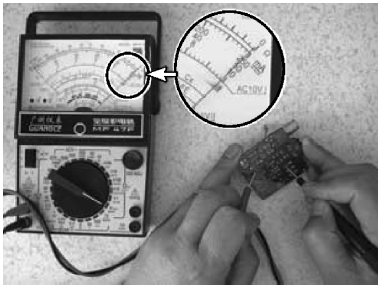


图 4-10　用指针万用表通断测量挡测量电路

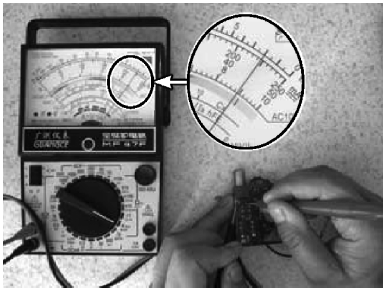


图 4-11　用指针万用表通断测量挡检测击穿的元器件

第二节　指针万用表直流电流挡使用轻松入门

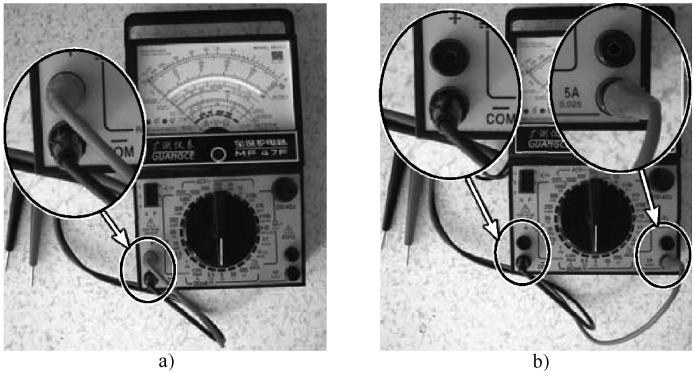
通过指针万用表的直流电流挡测量元器件或单元电路的直流电流值，是判断元器件或电路件是否正常的主要方法。下面以典型的 MF47-F 型万用表为例介绍指针万用表的直流电流挡使用方法与技巧。

提　示

大部分指针万用表一般没有测量交流电流的功能，部分新型指针万用表才具有交流电流测量功能。它的使用方法和直流电流挡使用方法基本相同，只不过是将表笔串联在交流电路中。测量时不必区分表笔极性。

一、表笔安装与挡位选择 ★★★

测量的直流电流不足 500mA 时，将黑表笔（负表笔）插入“－”插孔内，将红表笔（正表笔）插入“＋”插孔内，如图 4-12a 所示。若需要测量大于 500mA，但低于 5A 的大电流时，则需要将正表笔插入 5A 的插孔内，如图 4-12b 所示。



a)　　b)

图 4-12　指针万用表的表笔安装位置

a）测量 500mA 内电流　b）测量 0.5～5A 电流

在**不能确认被测直流电流范围时，应先选择较高的直流电流挡位，观察表针的摆动位置后再调整到合适的挡位**，让表针摆到刻度盘的 1/3～2/3 的范围内比较理想。

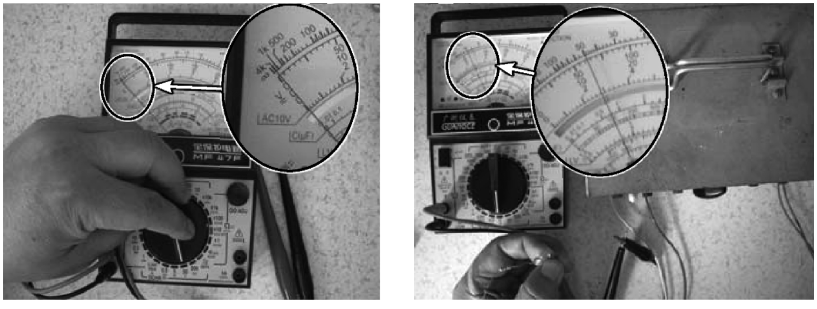
注意

测量时，表笔必须串联在电路中，不能并联在电路上，以免电流过大导

致表针撞弯，甚至导致表头过电流损坏。注意表笔极性，红表笔接被测电路的高电位，黑表笔接在低电位。若极性接反，必然会导致表针向左摆动（反转），不仅容易导致表针撞弯，而且还可能损坏表头。

二、直流电流挡的使用方法 ★★★

例如，测量一个指示灯电路的直流电流时，先选择 50mA 的直流电流挡位，如图 4-13a 所示；随后表笔串入电路，打开直流电源，为指示灯电路提供 12V 直流电压后，表笔摆到 50mA 刻度线上 12 的位置，则回路的直流电流为 12 除以 10，等于 1.2mA，如图 4-13b 所示。



a)　　b)

图 4-13　指针万用表的直流电流挡使用

a）挡位选择　b）电流测试

第三节　指针万用表 h_{FE}、红外发光二极管挡使用轻松入门

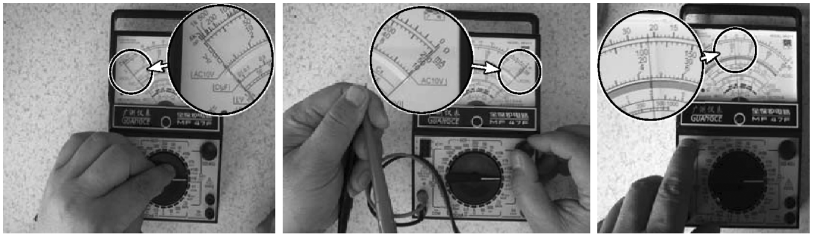
一、测量晶体管放大倍数 h_{FE} ★★★

下面以 MF47F 型万用表为例介绍使用指针万用表测量晶体管的放大倍数。测量方法如下：

1）表笔分别插入普通插孔（+、-插孔）内，并将量程开关置于 R×10（h_{FE}）位置，如图 4-14a 所示。

2）短接表笔的探针并调节欧姆调零旋钮，使表针指示在 0 的刻度线上，如图 4-14b 所示。

3）将 NPN 型或 PNP 型晶体管 B、C、E 引脚对应插入面板上的 B、C、E 插孔内，表针就会偏转并停留在某一刻度，表针偏转的角度越大，说明被测晶体管的放大倍数越大。例如，将晶体管 2SC1815 的引脚插入 NPN 型放大倍数测量孔内，表针摆到 h_{FE} 刻度线上 400 的位置，说明该晶体管的放大倍数是 400，如图 4-14c 所示。



a)　　b)　　c)

图 4-14　指针万用表的 h_{FE} 挡使用

若测试的结果异常，在确认晶体管插入的引脚准确时，则说明被测晶体管异常。

二、测量遥控器/红外发光二极管 ★★★

新型的 MF47F 型万用表上具有红外发光二极管测量功能，这给检测遥控器和红外发光二极管带来了便利。

★ 1. 检测遥控器

将指针万用表置于红外发光二极管检测 DATA 挡位上，再将遥控器的发射窗口对准表头上的红外检测管，按遥控器的按键时，若表头上的接收二极管会闪烁发光，则说明被测的遥控器基本正常，如图 4-15 所示。若不能闪烁发光，则说明被测的遥控器异常。

图 4-15　遥控器的检测

★ 2. 检测红外发光二极管

将指针万用表表置于红外发光二极管检测挡位上，再将红外发光二极管对准表头上的红外检测管上，随后把另一块 MF47 型万用表置于 R ×1 挡，用黑表笔接红外发光二极管的正极，用红表笔接它的负极，正常时表头上的接收二极管会闪烁发光，如图 4-16 所示。若不能闪烁发光，则说明被测的红外发光二极管异常。

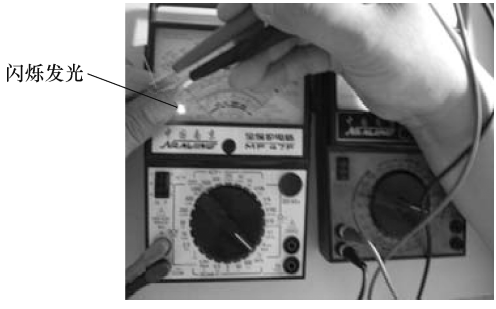


图 4-16　红外发光二极管挡的使用

数字万用表使用从入门到精通篇

本篇详细介绍了数字万用表的基本测试功能与使用技巧，这些无论对于初学者，还是对于电子产品维修人员都是极为重要的。

第五章

数字万用表电阻挡使用轻松入门

数字万用表的电阻挡不仅可通过测量元器件的非在路阻值、在路阻值，判断元器件是否正常，而且在测量扬声器、晶闸管、光耦合器等特殊元器件时还可以提供导通电流，模拟它们的工作状态。

第一节　数字万用表电阻挡使用基础

一、安装表笔 ★★★

下面以常见的 DT9205L 型数字万用表为例介绍数字万用表电阻挡使用的入门知识。如图 5-1 所示，DT9205L 的面板上有 10A、mA、VΩCAP 和 COM 4 个插孔，使用电阻挡测量时，应将红表笔（正表笔）插入 VΩCAP 插孔内，将黑表笔（负表笔）插入 COM 插孔内，如图 5-2 所示。

提　示

部分数字万用表的红表笔的插孔用“+”做标记。

二、抓握表笔的方法 ★★★

抓握数字万用表的表笔与指针万用表一样，也有单手抓握和双手抓握两种方法。可参考指针万用表电阻挡使用入门部分。

图 5-1　DT9205L 型数字万用表面板上插孔示意图

图 5-2　DT9205L 型数字万用表使用电阻挡时表笔的安装

三、量程选择与阻值读取方法 ★★★

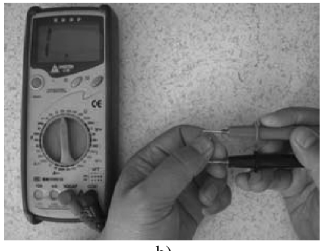
测量电阻时，插好表笔并将量程开关拨至电阻挡的合适量程，如图 5-3a 所示。测量时，若显示屏显示的数值为 1（即溢出值），则说明被测电阻值超出所选择量程的测量范围，这时应选择更高的量程。例如，用 20kΩ 电阻挡测量 56kΩ 电阻时，显示屏就会显示溢出值，说明该挡位量程不够，如图 5-3b 所示；将旋钮旋置在 200kΩ 电阻挡时，显示屏显示 56.1，说明其阻值为 56kΩ，如图 5-3c所示。

四、电阻挡在路测量的注意事项 ★★★

1）**采用电阻挡在路检测元器件是否正常时，必须要在断电的条件下进行**，否则可能会导致被测元器件损坏，也可能会导致万用表损坏。

2）**若被测元件与电阻、电感等元器件并联，可能会导致在路测量阻值较小**，因此数值误差较大时还需通过非在路测量法进一步确认。

a)



b)

c)

图 5-3　数字万用表电阻挡量程选择与阻值读取
a）选择挡位　b）20kΩ 挡测量　c）200kΩ 挡测量

3）**在路测量开关电源开关管等热地部分的元件时，需要确认 300V 供电滤波电容是否存储电压**，若存储较高的电压，需将存储的电压释放后，才能采用电阻挡在路测量开关管等元件，否则轻则会导致开关管或万用表损坏，重则会发生触电事故。

第二节　数字万用表电阻挡在路测量元器件技巧

下面以 DT9205L 型数字万用表为例，介绍使用数字万用表电阻挡在路测量电阻等元器件的阻值，以判断元器件是否正常的方法与技巧。

一、普通电阻的在路测量 ★★★

怀疑电路板上的电阻阻值增大或开路时，可采用数字万用表的电阻挡在路测量。下面以 33Ω/2W 电阻为例进行介绍。首先，将数字万用表置于 200Ω 挡，检测该电阻的阻值为 33.3Ω，如图 5-4 所

示。若阻值过大，则说明电阻异常。

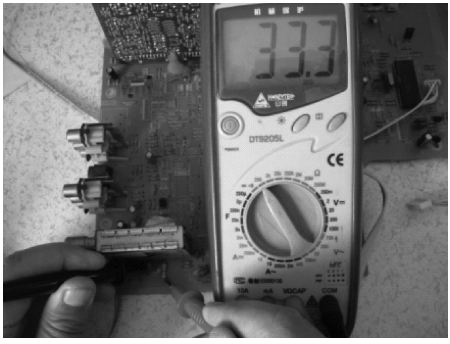
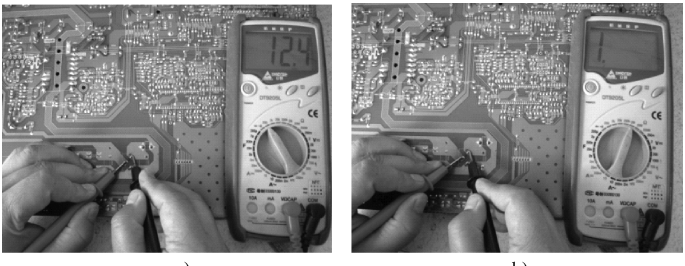


图 5-4　用数字万用表在路检测普通电阻

二、热敏电阻的在路测量 ★★★

怀疑电路板上的热敏电阻阻值增大或减小时，可采用数字万用表的电阻挡在路测量。下面以 12Ω 的彩电消磁电阻为例介绍正温度系数热敏电阻的检测方法。检测方法与步骤如图 5-5 所示。



a)　　b)

图 5-5　用数字万用表在路检测彩电消磁电阻

a）未通电前检测　b）通电后检测

未加电前，用万用表 200Ω 电阻挡检测该电阻的阻值为 12.4Ω，若阻值过大，则说明它已损坏；确认未通电时的阻值正常，则为彩电通电 1min 后断电，测它的阻值能否增大到无穷大，若可以，则说明它的正温度特性基本正常；若不能，则说明它的热敏性能下降，

需要更换。

三、压敏电阻的在路测量 ★★★

用万用表的 200MΩ 电阻挡测量压敏电阻的在路阻值应为无穷大，如图 5-6 所示。

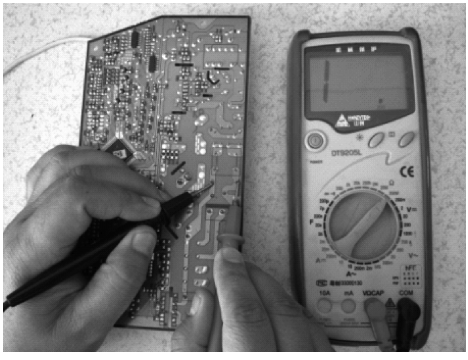


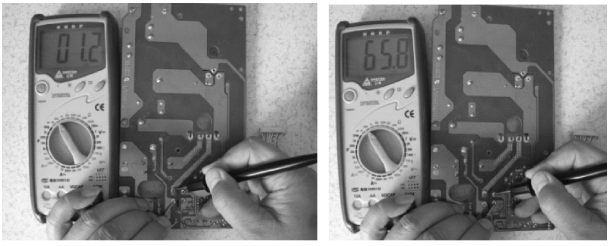
图 5-6　用数字万用表在路测量压敏电阻

提　示

由于压敏电阻两端并联了滤波电容，所以初始检测时因电容充电会有一定的阻值，待充电结束后，阻值应为无穷大。若阻值较小，则说明它已损坏。一般情况下，压敏电阻击穿损坏后表面多会出现裂痕或黑点。另外，许多电气设备的压敏电阻与电源变压器的一次绕组并联，由于变压器的一次绕组的阻值较小，所以检测时应采用 2kΩ 电阻挡检测或悬空压敏电阻的一个引脚后，通过检测它的非在路阻值来确认它是否正常，以免误判。

四、电流互感器的在路测量 ★★★

由于电流互感器的一次绕组阻值较小，所以可以用数字万用表的 200Ω 电阻挡在路检测。下面以典型的电磁炉电流互感器为例进行介绍，其一次绕组的阻值为 1.2Ω（实际是 0），二次绕组的阻值为 65.8Ω，如图 5-7 所示。



a)　　b)

图 5-7　用数字万用表在路检测电流互感器
a）一次绕组　b）二次绕组

五、彩显显像管灯丝的在路测量 ★★★

测量彩显显像管灯丝电阻比较方便，只要测量其供电电源滤波电容两端阻值即可，将数字万用表置于 200Ω 挡，两个表笔接在灯丝电源滤波的两引脚上，屏幕显示的数字为 6.5 左右，说明显像管灯丝阻值为 6.5Ω 左右，如图 5-8 所示。若测得阻值偏离较大，甚至为无穷大，则说明显像管灯丝断路。

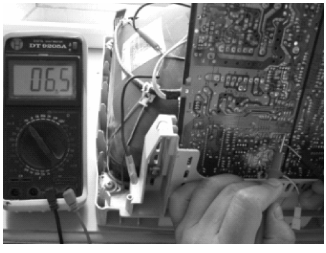


图 5-8　彩显显像管灯丝的在路测量

提　示

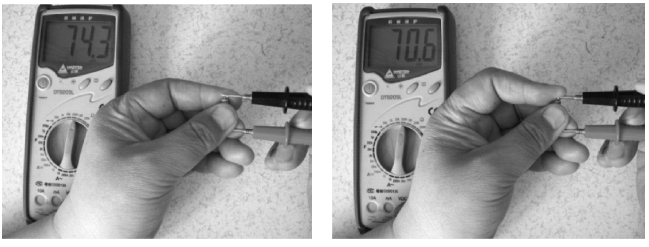
由于新型 CRT 彩显的显像管灯丝供电几乎都是采用直流供电方式，所以测量显像管灯丝的阻值时不需要拔下管座，直接在电路板上测量即可。若阻值较大，则需要拔下管座进行测量，以免管座损坏引起误判。不过，这种情况是很少见的。而测量彩电显像管灯丝时必须要拔下管座或断开灯丝供电线路后测量。

第三节　数字万用表电阻挡非在路测量元器件技巧

当在路测量的元器件阻值不正常，应将它的引脚悬空或拆卸后进行测量，或需要确认电阻、电感类的待换元器件好坏时，都可以采用数字万用表电阻挡完成。下面以 DT9205L 型数字万用表为例介绍使用数字万用表电阻挡非在路检测典型元器件的方法与技巧。

一、普通电阻的非在路测量 ★★★

当在路检测阻值异常或对准备更换的备用电阻都需要进行非在路检测它的阻值是否正常。检测方法如图 5-9a 所示。



a)　　b)

图 5-9　数字万用表非在路检测普通电阻
a）正确检测　b）错误检测

首先选择合适的电阻挡位，随后将万用表的表笔接在被测电阻两端，若检测的阻值与标称值相同，则说明该电阻正常；若阻值大于标称值，则说明该电阻的阻值增大或开路。固定电阻一般不会出现阻值变小的现象。

注意

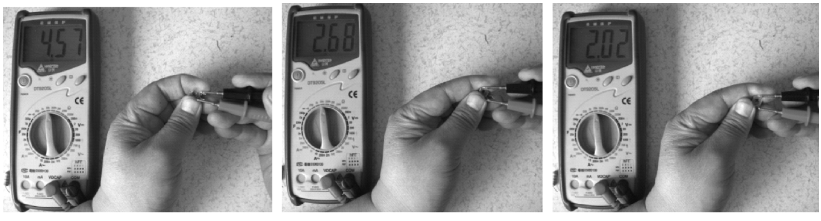
检测大阻值电阻，尤其是阻值超过几十千欧的电阻时，不能用手同时接触被测电阻的两个引脚，以免人体的电阻与被测电阻并联后，导致检测的数

据低于正常值。当手指接触图 5-9a 所示电阻的引脚后，阻值就会减小，如图 5-9b所示。另外，若被测电阻的引脚严重氧化，则应在检测前用刀片、锉刀等工具将氧化层清理干净，以免误判。

二、可调电阻的非在路测量 ★★★

首先测两个固定端间的阻值等于标称值，再分别测固定端与可调端间的阻值，并且两个固定端与可调端间阻值的和等于两个固定端间的阻值，说明该电阻正常；若阻值大于标称值或不稳定，则说明该电阻变值或接触不良。下面以 4.7kΩ 可调电阻为例介绍可调电阻的检测方法。

首先测两个固定端间的阻值等于标称值，如图 5-10a 所示；随后，再分别测固定端与可调端间的阻值，如图 5-10b、c 所示。若两个固定端与可调端之间的阻值相加后等于两个固定端间的阻值，则说明该电阻正常；若阻值大于正常值或不稳定，则说明该电阻变值或接触不良。



a)　　b)　　c)

图 5-10　数字万用表电阻挡检测可调电阻

a）两个固定端间阻值　b）一个固定端与可调端间阻值　c）另一个固定端与可调端间阻值

提　示

可调电阻损坏后主要会出现开路、阻值增大、阻值变小、接触不良或引脚脱焊的现象。可调电阻氧化是接触不良和阻值不稳定的主要原因。

三、压敏电阻的非在路测量 ★★★

在路检测压敏电阻的阻值异常或购买压敏电阻时，需要非在路

检测确认是否正常。检测时，用数字万用表的 200MΩ 电阻挡测量，若阻值为无穷大，则说明被测电阻正常，如图 5-11 所示。否则，说明被测电阻异常。

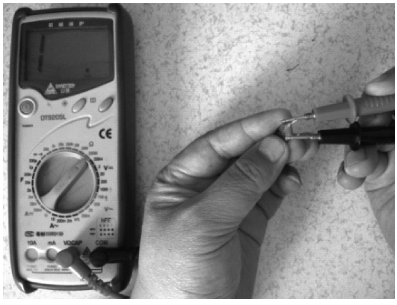


图 5-11　数字万用表非在路测量压敏电阻

四、正温度系数热敏电阻的非在路测量 ★★★

下面以 12Ω 的彩电消磁电阻为例介绍正温度系数热敏电阻的非在路测量方法。

室温状态下，用 200Ω 挡测量该电阻的阻值为 13Ω，如图 5-12a 所示。若阻值偏离正常值过多，则说明它损坏。确认室温状态下的阻值正常后，用电烙铁为它加热，使它表面的温度升高，如图 5-12b 所示。随后，再用 2MΩ 挡测量它的阻值迅速增大，接近无穷大，说明它的热敏性能正常，如图 5-12c 所示。否则，说明它的热敏性能下降，需要更换。

a)　　b)　　c)

图 5-12　数字万用表非在路测量正温度系数热敏电阻

a）室温下测量　b）加热　c）加热后测量

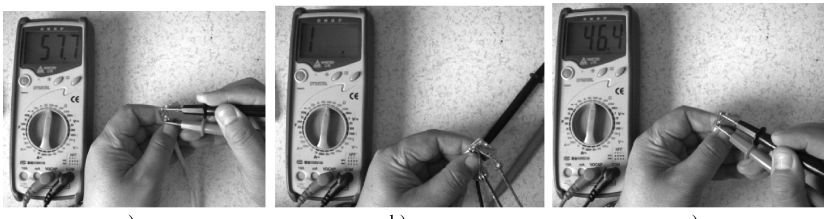
提　示

电冰箱采用的 PTC 型起动器也是正温度系数热敏电阻，也可以采用该方法确认它是否正常。

五、负温度系数热敏电阻的非在路测量 ★★★

下面以电磁炉功率管温度传感器为例，介绍用数字万用表非在路检测负温度系数热敏电阻的方法。

室温状态下，用 200kΩ 电阻挡测量该热敏电阻的阻值为 57.7kΩ，如图 5-13a 所示，说明它基本正常。在室温状态下，若阻值过小，则说明它漏电；若阻值过大，则说明它开路。确认室温状态下的阻值正常后，用电烙铁为它加热，使其表面温度升高，如图 5-13b所示。加热后，测量它的阻值迅速减小为 46.4kΩ，如图 5-13c所示，说明它的热敏性能正常。若加热后阻值不能下降，说明它的热敏性能变差。



a)　　b)　　c)

图 5-13　数字万用表非在路测量负温度系数热敏电阻
a）室温下测量　b）加热　c）加热后测量

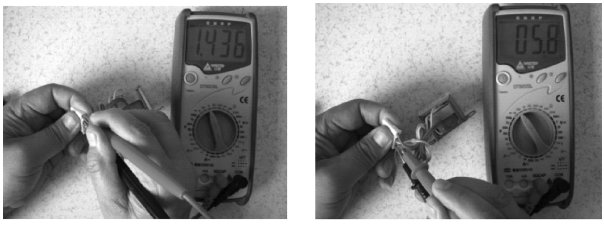
注意

不同品牌的电磁炉功率管温度传感器采用的负温度系数热敏电阻的阻值不尽相同，更换时要注意，不要换错。

六、电源变压器的非在路测量 ★★★

因普通变压器多为降压型变压器，所以它的一次绕组阻值较大，而它的二次绕组阻值较小。下面以空调通用电路板变压器为例进行介绍。

用 2kΩ 挡测它的一次绕组非在路阻值如图 5-14a 所示，用 200Ω 挡测量二次绕组阻值如图 5-14b 所示。若某个绕组的电阻值为无穷大，则说明此绕组有断路性故障。



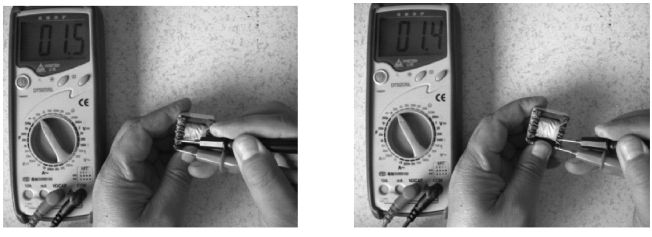
a) b)

图 5-14 用数字万用表非在路测量普通变压器一次、二次绕组阻值

a）一次绕组的阻值 b）二次绕组的阻值

七、开关变压器的非在路测量 ★★★

用万用表 200Ω 或二极管挡检测开关变压器的每个绕组时，正常时的阻值较小，如图 5-15 所示。若阻值过大或无穷大，则说明绕组开路；若阻值时大时小，则说明绕组接触不良。



a) b)

图 5-15 开关变压器的非在路测量

a）一次绕组 b）二次绕组

提　示

开关变压器的故障率较低，但有时也会出现绕组匝间短路或绕组引脚根部漆包线开路的现象。

方法与技巧

由于用万用表很难确认绕组匝间短路，所以最好采用同型号的高频变压器代换检查；引脚根部的铜线开路时，多会导致开关电源没有一种电压输出，这种情况可直接更换或拆开变压器后接好开路的部位。

八、电磁继电器的非在路测量 ★★★

下面以常见的 12V 直流电磁继电器为例介绍电磁继电器的检测方法。

用数字万用表的 2kΩ 挡检测线圈的阻值为 398Ω，如图 5-16a 所示。若阻值与标称值基本相同，则表明线圈良好；若阻值为∞，则说明线圈开路；若阻值小，则说明线圈短路。但是，通过万用表检测线圈的阻值很难判断线圈是否匝间短路。

如图 5-16b 所示，用数字万用表的 2kΩ 挡或通断测量挡，测常开触点两引脚间的阻值应为∞；若阻值为 0，则说明触点粘连。

a)　　b)

图 5-16　数字万用表电阻挡非在路检测电磁继电器

a）线圈的检测　b）常开触点的检测

提　示

继电器的型号不同，其线圈电阻的阻值也可能不同，通过检测线圈的直流电阻，只能判断继电器的线圈是否开路，而不能完全确认继电器是否正常。

九、双基极二极管的非在路测量 ★★★

由于双基极二极管构成的特殊性，所以使用数字万用表测试双基极二极管时，应采用20kΩ挡进行。检测方法如图5-17所示。

首先，调换表笔接双基极二极管BT33F的E极，黑表笔接它的B1极，测得的正向电阻值为11.51kΩ左右；调换表笔后，测得的反向电阻值为无穷大。红表笔接B2极，黑表笔接E极时，测得的正向电阻值为8.85kΩ左右；调换表笔后，反向电阻值为无穷大。而两个基极间的正、反向电阻值基本相同，为8.1kΩ左右。

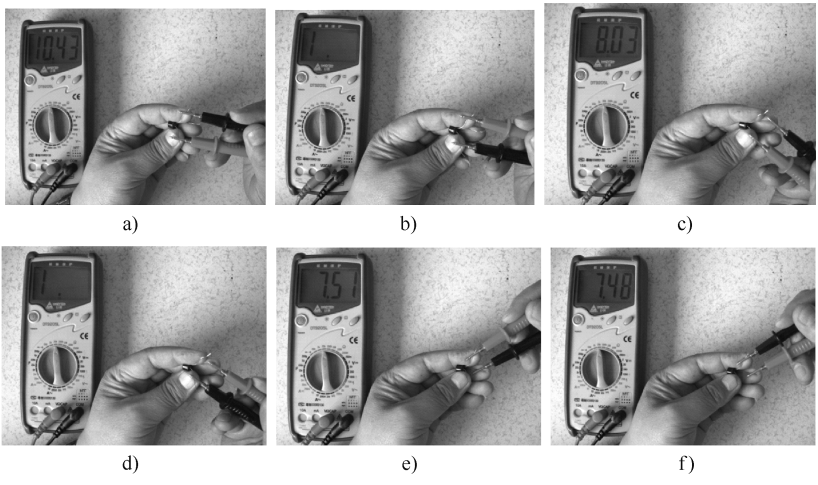


图5-17　用数字万用表非在路检测双基极二极管

a）B1、E正向电阻　b）B1、E反向电阻　c）B2、E正向电阻

d）B2、E反向电阻　e）B1、B2正向电阻　f）B1、B2反向电阻

提　示

许多双基极二极管的引脚排列通过外观就可以确认，BT31～BT33 等型号的双基极二极管的引脚排列如图 5-18 所示。

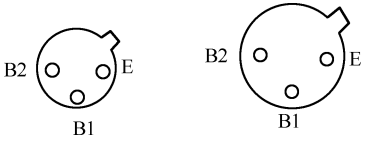


图 5-18　BT31～BT33 等型号的双基极二极管的引脚排列

十、电流互感器的非在路测量 ★★★

由于电磁炉、空调器等电子设备用的电流互感器基本相同，下面以电磁炉用电流互感器为例介绍电流互感器的检测方法。

将数字万用表置于 200Ω 电阻挡，表笔接在一次、二次绕组的引脚上，就可以测量绕组的阻值，如图 5-19 所示。

a)　　b)

图 5-19　用数字万用表非在路检测电流互感器
a）一次绕组　b）二次绕组

十一、水位传感器的非在路测量 ★★★

水位传感器也叫水位开关、压力开关，它的功能就是检测水位高低。它不仅应用在洗碗机、洗衣机等电子设备内，而且还广泛应

用在工业设备内。常见的水位传感器有机械控制型和电子控制型两种。典型的水位传感器如图 5-20 所示。

图 5-20　典型的水位传感器

★ 1. 机械水位传感器

典型的机械水位传感器由气室、橡胶膜、杠杆、塑料盘、触点、小压簧、凸轮、调整螺钉等构成，如图 5-21 所示。

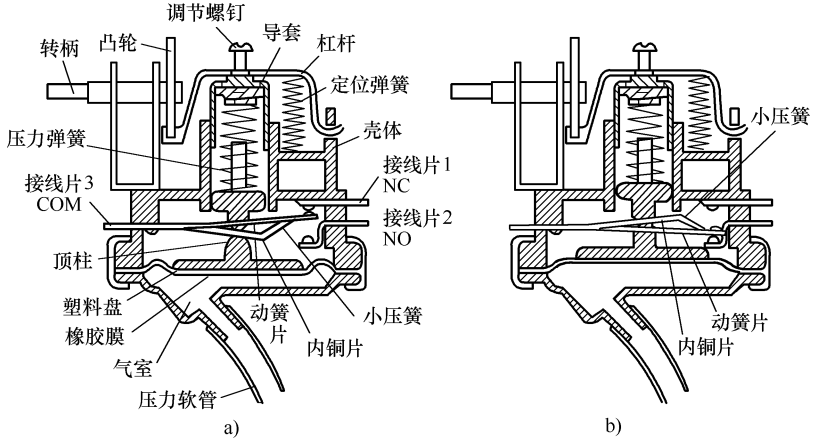


图 5-21　典型机械水位传感器结构、工作原理示意图

a）水不到位　b）水到位

（1）工作原理

如图 5-21 所示，气室、橡胶膜、塑料盘、顶柱等组成气压传感装置。当盛水桶开始注水时，水位开关的气室被封闭，随着水位的升高，气室的压强逐渐增大，橡胶膜随之向上鼓起，通过塑料盘使顶柱向上抬起，推动动簧片的内铜片向上移动，压力弹簧被逐渐压

缩。当达到设定的水位后，气室的压强达到设置值，使内铜片向上移动到设定位置，于是动簧片在小压簧的拉动下，脱离触点 NC，而与触点 NO 接通，产生的水位检测信号送给控制系统后，控制系统使进水电磁阀关闭，进水结束。

（2）检测

1）通断测量法检查。检修不能进水或不能脱水故障时，用万用表的通断测量挡测水位开关的公共端 COM 端与 NC 端通断时，若蜂鸣器不能鸣叫，则说明触点没有接通；进水后不能洗涤，用万用表的通断测量挡测 COM 端与 NO 端通断时，若蜂鸣器不能鸣叫，则说明触点没有接通。检测过程中，蜂鸣器有时鸣叫，有时不能鸣叫，则说明触点接触不良。若敲击水位开关的外壳时，接触不良现象会发生变化。

提　示

若 COM 端与 NO 端始终接通时，一个原因是触点粘连；另一个原因是水位开关的气压传感装置漏气。触点粘连主要是由于老化等原因所致。气压传感室漏气的原因主要是洗衣机脱水时会产生较大的振动，导致气室嘴和压力软管连接处容易漏水。另外，水位开关内部的橡胶膜异常也是产生漏气的主要原因。

方法与技巧

水位开关内部的橡胶膜异常产生漏气故障时，需要更换水位开关来排除故障。而软管处漏水时，可重新把软管插好，再用管夹夹紧，同时还应将连接处的软管固定，以免再次损坏。

2）短路法检查。用导线短接水位开关的公共端 COM 端与 NC 端后，能够进水，则说明水位开关异常；用导线短接 COM 端与 NO 端后，能够洗涤，则说明水位开关异常。否则，说明其他元器件或线路异常。

3）吹气法检查。将数字万用表置于通断测量挡，把它的两个表笔接在 COM 和 NO 端子上，将嘴对准软管接口部位后吹气，若能听到开关内发出“咔嗒”的响声，并且蜂鸣器鸣叫，则说明水位开关基本正常；若有“咔嗒”声，但显示的数值忽大忽小，则说明触点接触不良；若不能发出“咔嗒”声，而晃动水位开关时能发出响声，则说明开关内有元器件脱落。

★ 2. 电子水位传感器

电子水位传感器由膜板、铁心、模板、弹簧、外壳等构成，如图 5-22 所示。

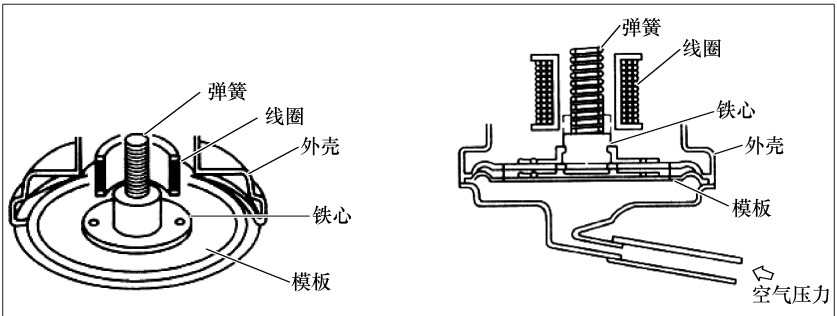


图 5-22　电子水位传感器构成、工作原理示意图

（1）工作原理

电子水位传感器与机械水位传感器的工作原理基本相同，但主要不同之处是，它不是靠触点通断来传递水位是否到位的信息，而是通过空气压力推动铁心在线圈内移动，使铁心与线圈产生的振荡频率发生变化，这个变化的振荡频率被微处理器识别后，就可以确认水位的高低，不仅可实现进水、排水功能的控制，而且还可以实现进水超时、排水超时和溢水故障的检测。

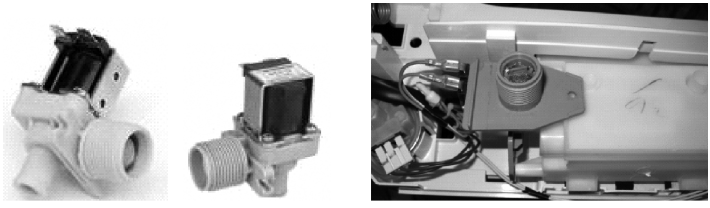
（2）检测

怀疑电子水位传感器异常时，可在注水的同时测水位传感器输出端子上的振荡频率信号，若频率信号变化正常，则说明传感器正常，否则说明传感器异常，需要维修或更换。电子水位传感器的检测方法如图 5-23 所示。

图 5-23　用数字万用表检测电子水位传感器

十二、进水电磁阀的非在路测量 ★★★

进水电磁阀也叫进水阀、注水阀，它不仅应用在洗衣机、饮水机、洗碗机、电热水器、电淋浴器、电冰箱（具有饮水、制冰功能）等家电设备上，而且还应用在许多工业设备上。它由电磁铁和进水阀两部分构成。洗衣机常用的进水电磁阀实物与安装位置如图 5-24 所示。



a)　　b)

图 5-24　洗衣机使用的进水电磁阀

a）实物　b）安装位置

★ 1. 构成

波轮全自动洗衣机使用的进水电磁阀由线圈、阀芯、阀体、橡胶膜、隔水套、小弹簧、控制腔、橡胶塞、减压圈、泄压孔、加压针孔、触点、小压簧、凸轮、调整螺钉等构成，如图 5-25 所示。

★ 2. 原理

如图 5-25 所示，进水电磁阀的线圈不通电时，不能产生磁场，此时

铁心在小弹簧推力和自身质量的作用下下压，使橡胶塞堵住泄压孔，此时，从进水孔流入的自来水再经加压针孔进入控制腔，使控制腔内的水压逐渐增大，将阀盘和橡胶膜紧压在出水管的管口上，关闭阀门。因此，这种电磁阀要求自来水的水压不能低于 3×10^4Pa，否则可能会导致阀门密封不严，引起漏水。为线圈通电，使其产生磁场后，克服小弹簧推力和铁心的自身质量，将铁心吸起，橡胶塞随之上移，泄压孔被打开，此时，控制腔内的水通过泄压孔流入出水管，使控制腔内的水压逐渐减小，致使阀盘和橡胶膜上移，打开阀门，实现自来水注水功能。

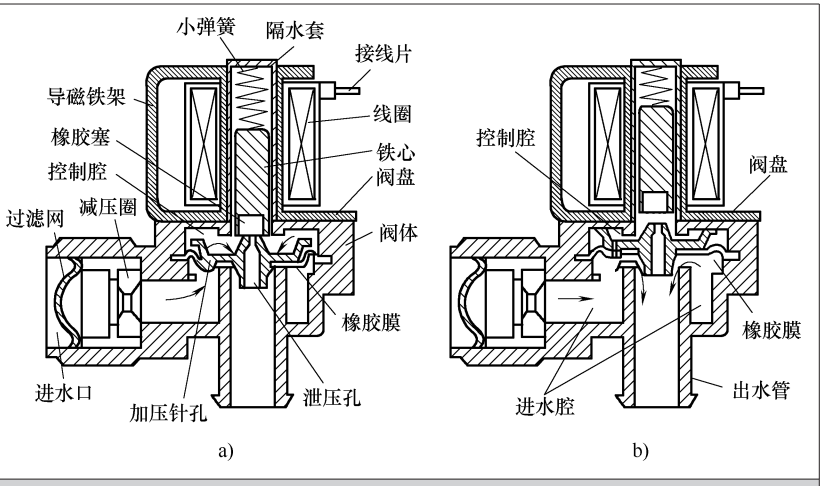


图 5-25　洗衣机进水电磁阀的构成及工作原理示意图
a）断电关闭　b）通电开启

★ 3. 进水电磁阀的检测

需要通过测量进水电磁阀的线圈阻值判断线圈是否正常时，将数字万用表置于 20kΩ 挡，两个表笔接在线圈的引脚上，显示屏显示的数值为 4.42，说明它的阻值为 4.42kΩ，如图 5-26 所示；若阻值为无穷大，则说明线圈开路；若阻值过小，则说明线圈短路。

提　示

不同的进水电磁阀的线圈阻值有所不同，但阻值多为 3.5～5kΩ。

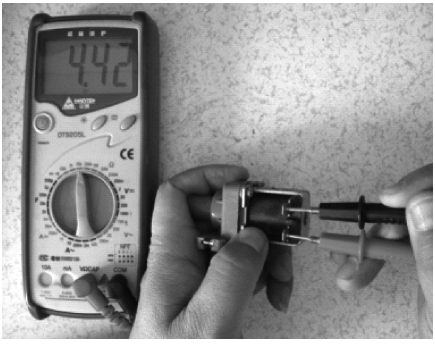


图 5-26　洗衣机进水电磁阀的检测示意图

十三、排水电磁阀的非在路测量 ★★★

排水电磁阀主要应用在洗碗机、洗衣机等设备内，它的作用就是为这些设备排水，所以人们也叫它为排水阀。下面以洗衣机电磁阀为例进行介绍。洗衣机常见的排水电磁阀如图 5-27 所示。

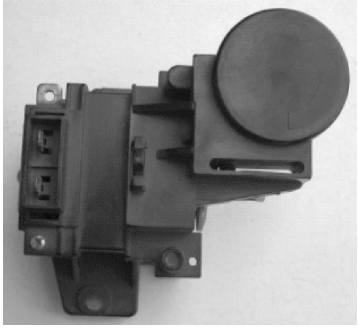


图 5-27　洗衣机使用的排水电磁阀实物

★ 1. 工作原理

排水电磁阀包括电磁铁和排水阀两部分，主要由线圈、排水管座、排水阀门、套阀盖、弹簧、挡套、衔铁、微动开关等构成，如图 5-28 所示。

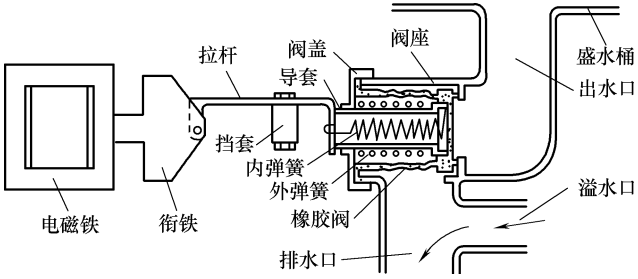


图 5-28　洗衣机排水电磁阀结构及工作原理示意图

如图 5-28 所示，排水电磁阀的线圈不通电时，不能产生磁场，衔铁在导套内的外弹簧推力下向右移动，使橡胶阀被紧压在阀座上，阀门关闭。为线圈通电，使其产生磁场后，吸引衔铁左移，通过拉杆向左拉动内弹簧，将外弹簧压缩后使橡胶阀左移，打开阀门，将水排出。

提　示

目前，许多洗衣机采用的是直流电磁铁，需要通过 4 个二极管构成的桥式整流堆将 220V 市电电压整流后，产生直流电压，才能为它的线圈供电。

★ 2. 排水电磁阀的检测

为排水电磁阀的线圈通电、断电，若不能听到阀芯吸合、释放所发出“咔嗒”的声音，则说明该电磁阀的线圈损坏或阀心未工作。维修时，也可以测量线圈的阻值判断线圈是否正常。如图 5-29 所示，将数字万用表置于电阻/电压自动挡，两个表笔接在线圈的引脚上，显示屏显示的阻值为 91.9Ω；若阻值过大或为无穷大，则说明线圈开路；若阻值过小，则说明线圈短路。

提　示

不同的排水电磁阀的线圈阻值有所不同，维修时要加以区别。

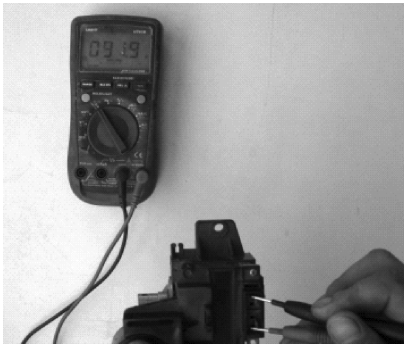
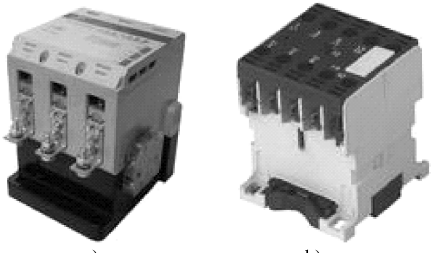


图 5-29　用数字万用表检测洗衣机排水电磁阀

十四、交流接触器的非在路测量 ★★★

交流接触器是根据电磁感应原理做成的广泛用作电力自动控制的开关，它主要应用在电动机、电加热器等供电系统内。常见的交流接触器的实物如图 5-30 所示。



a)　　b)

图 5-30　交流接触器的实物

★ 1. 构成和特点

交流接触器由线圈、动静铁心、主触点、辅助触点（图中未画出）、接线端子等构成，如图 5-31 所示。**主触点用来控制 380V 供电回路的通断，辅助触点用来执行控制指令。主触点一般只有常开功能，而辅助触点通常有两对常开和常闭功能的触点。**

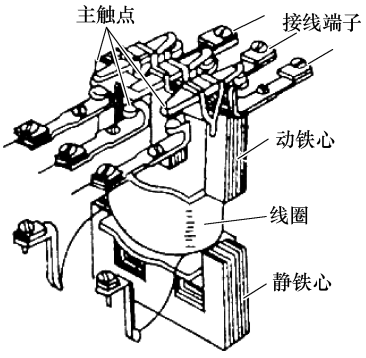


图 5-31　交流接触器构成

交流接触器的触点由银钨合金制成，具有良好的导电性和耐高温烧蚀性。交流接触器的铁心由动铁心和静铁心两部分构成，静铁心是固定的，在它上面套上线圈，**为线圈供电后，线圈和铁心产生的磁场将动、静铁心吸合，从而控制主触点闭合，负载得到供电开始工作。当交流接触器的线圈断电后，动铁心依靠弹簧复位，使主触点断开，负载停止工作。**

提　示

为了使磁力稳定，铁心的吸合面安装了短路环。20A 以上的交流接触器需要设置灭弧罩，利用它产生的电磁力，快速拉断电弧，避免了触点被弧光烧蚀损坏，实现触点的保护。

★ 2. 检测

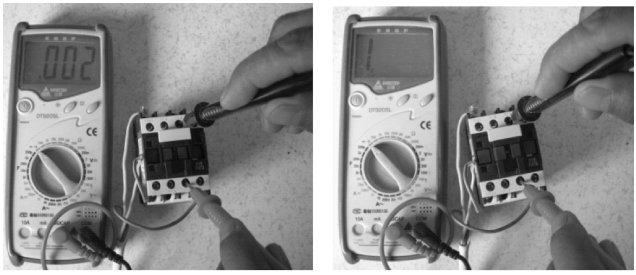
交流接触器异常后，一是触点不能吸合，使负载不工作；二是触点接触不良使负载有时能工作，有时不能工作。

（1）触点检测

检测交流接触器时，可通过供电和测量触点通断的方法。

为交流电接触的线圈输入 220V 市电电压后，可以听到交流接触器触点发出的“咔嗒”闭合声，同时用万用表通断测量挡检测触点是接通的，如图 5-32a 所示；拔掉电源线后，数值变为 1，说明触点

可以断开，如图 5-32b 所示。



a)　　b)

图 5-32　交流接触器触点通断的检测

（2）阻值测量

测交流接触器线圈的阻值是否正常，若阻值为 500Ω 左右，如图 5-33所示，则说明触点或控制部分异常；若阻值为无穷大，则说明线圈开路。

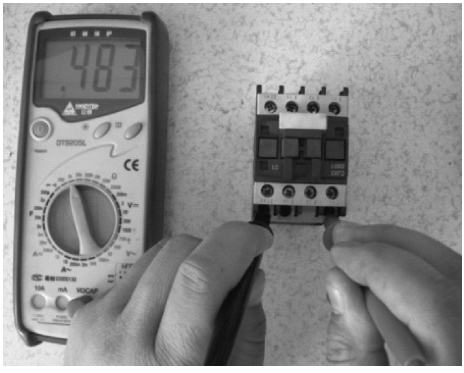


图 5-33　交流接触器线圈阻值的检测

十五、扬声器的非在路测量 ★★★

采用数字万用表测量扬声器时，将它置于 200Ω 挡，将两个表笔接在（线圈）的两个接线端子上，此时显示屏上显示 08.7 的数字，说明扬声器音圈的阻值为 8.7Ω，说明扬声器基本正常，如图 5-34

所示。若显示屏显示的数字为 1，则说明音圈或其引出线开路。

提　示

由于数字万用表电阻挡的电流较小，所以用数字万用表测量扬声器音圈的阻值时仅显示数值，而扬声器不能发出“咔咔”声。因此，该方法不能测出音圈是否发生匝间短路的故障。

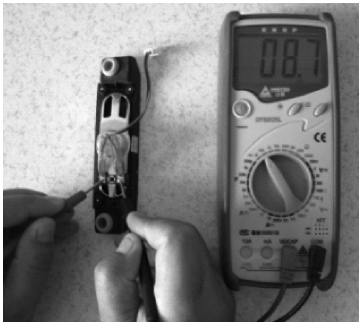


图 5-34　数字万用表非在路测量扬声器

第六章

数字万用表二极管挡使用轻松入门

数字万用表的二极管挡（PN 结压降测量挡）可通过测量晶体管、二极管、场效应晶体管等元器件的非在路导通压降、在路导通压降，判断它们是否正常。

第一节　数字万用表二极管挡使用基础

一、二极管挡的使用方法 ★★★

使用二极管挡时，将功能/量程开关拨至二极管的符号位置，红表笔插入 VΩCAP 插孔，黑表笔插入 COM 插孔，如图 6-1 所示。

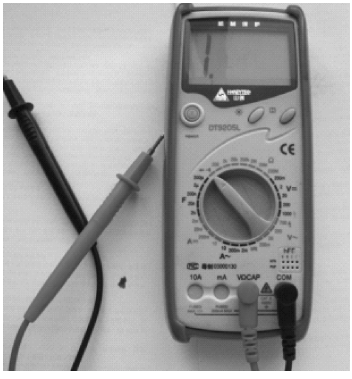


图 6-1　数字万用表二极管挡设置

提　示

需要测量二极管的正向导通压降时，将红表笔接被测二极管的正极，黑表笔接二极管的负极，反之测量的是二极管的反向压降。另外，正向导通压降就相当于指针万用表所测的正向导通电阻，而反向压降就相当于指针万用表所测的反向电阻。

二、二极管挡在路测量的注意事项 ★★★

1）**采用二极管挡在路检测元器件是否正常时，必须要在断电的条件下进行**，否则可能会导致被测元器件损坏，也可能会导致万用表损坏。

2）若被测元器件与晶体管、二极管、电阻、电感等元器件并联时，可能会导致检测的导通压降值低于标称值，应通过非在路测量法进一步确认。

3）在路测量开关电源热地部分的开关管等元器件时，需要确认300V供电滤波电容是否存储电压，若存储较高的电压，**需将电容存储的电压释放后，才能采用二极管挡在路测量开关管等元器件**，以免扩大故障或发生触电事故。

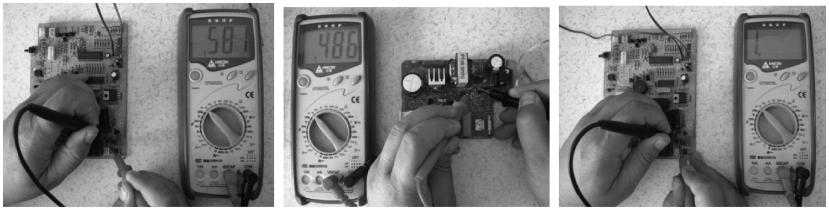
第二节　数字万用表二极管挡在路测量元器件技巧

二极管挡的在路测量就是通过测量二极管、晶体管、场效应晶体管的导通压降，判断元器件是否正常的方法。

一、整流二极管的在路测量 ★★★

首先，将万用表置于PN结压降检测挡（二极管挡），再将红表笔接二极管的正极、黑表笔接二极管的负极时，所测得的正向导通压降值为0.581，如图6-2a所示，说明被测的整流二极管是普通整流二极管；若测得正向导通压降值为0.486，如图6-2b所示，则说

明被测的二极管是高频整流二极管。无论何种整流二极管，调换表笔后检测它们的反向导通压降时，都会显示溢出值1，表明反向导通压降为无穷大，说明被测整流二极管正常。若正向导通压降大，则说明二极管导通性能差；若反向导通压降值小，则说明二极管漏电或击穿。



a)　　b)　　c)

图6-2　整流二极管的在路测量

a）普通整流管正向导通压降　b）高频整流管正向导通压降　c）反向导通压降的检测

提　示

由于半桥整流堆和全桥整流堆是由2只或4只二极管构成的，所以通过检测每只二极管的正、反向导通压降值就可以判断它是否正常。二极管击穿时，蜂鸣器会鸣叫。

二、普通晶体管的在路测量 ★★★

★ 1. NPN型晶体管

使用数字万用表在路判断NPN型晶体管的好坏时，应使用二极管挡（PN结压降检测挡）检测它的导通压降是否正常。测试方法如图6-3所示。

首先，将红表笔接晶体管的B极，黑表笔接E、C极，测BE、BC结的正向导通压降值为0.713，如图6-3a所示；调换表笔后检测时它们的反向导通压降为无穷大，如图6-3b所示。最后，测CE结的正向导通压降为1.374，如图6-3c所示；调换表笔后检测它的反

向导通压降值为无穷大，如图 6-3d 所示。

提　示

若正向导通压降大，则说明晶体管导通性能差或开路；若反向导通压降小，则说明晶体管漏电或击穿。晶体管击穿时，万用表上的蜂鸣器会发出鸣叫声。

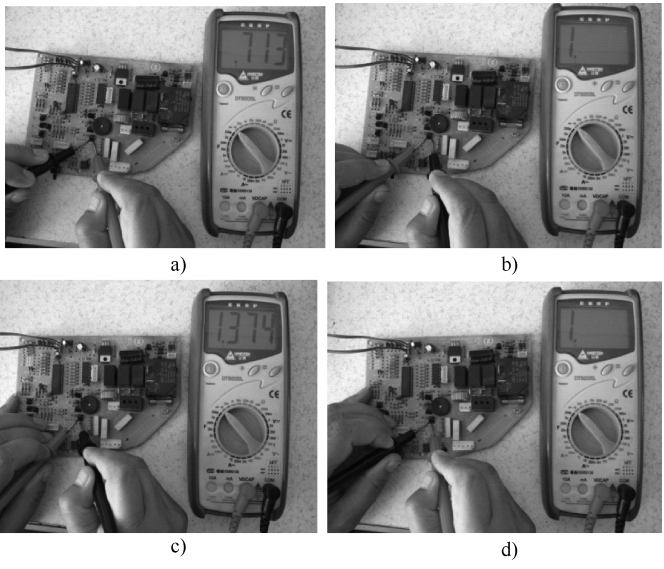


图 6-3　用数字万用表在路检测 NPN 型晶体管

a）BE、BC 结正向导通压降　b）BE、BC 结反向导通压降

c）CE 结正向导通压降　d）CE 结反向导通压降

★ 2. PNP 型晶体管

使用数字万用表在路判断 PNP 型晶体管好坏时，可使用二极管挡通过检测它的导通压降来完成。下面以常见的 9012 为例介绍测试方法，如图 6-4 所示。

黑表笔接晶体管的 B 极，红表笔分别接 C 极和 E 极，所测的正向导通压降值都应为 0.72 左右，如图 6-4a 所示；用红表笔接 B 极，

黑表笔接 C、E 极时，荧光屏显示的数字为 1，说明它们的反向导通压降值都为无穷大，如图 6-4b 所示；C、E 极间的正向导通压降为 1.246 左右，如图 6-4c 所示；C、E 极的反向导通压降值为无穷大，如图 6-4d 所示。

提　示

若正向导通压降大，则说明晶体管导通性能差或开路；若反向导通压降小，则说明晶体管漏电或击穿。晶体管击穿时，万用表上的蜂鸣器会发出鸣叫声。

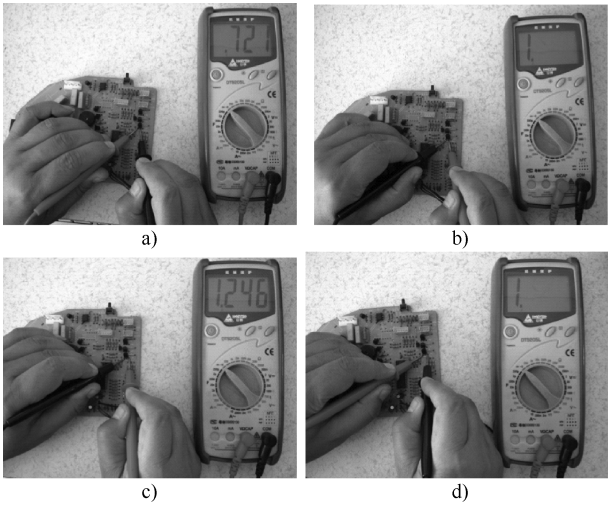


图 6-4　用数字万用表在路检测 PNP 型晶体管

a）BE、BC 结正向导通压降　b）BE、BC 结反向导通压降

c）CE 结正向导通压降　d）CE 结反向导通压降

三、行输出管的在路测量 ★★★

检修彩电、彩显行输出电路，怀疑行输出管异常时，可首先进行在路测量，初步判断它是否正常。使用数字万用表在路测行输出管时，应使用二极管挡。测量步骤如图 6-5 所示。

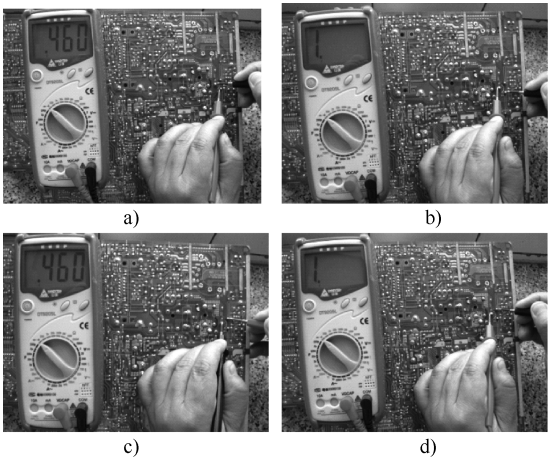


图 6-5　行输出管的在路测量

a）BC 结正向电阻　b）BC 结反向电阻　c）CE 结正向电阻　d）CE 结反向电阻

提　示

因行输出管的 BE 结与行激励变压器的二次绕组并联，所以在路测它的 BE 结的正、反向导通压降值都为 0。另外，由于行输出管的 CE 结上并联了阻尼二极管，所以测量它的 C、E 极间正、反向压降值时，也就是阻尼二极管的正、反向导通压降值。

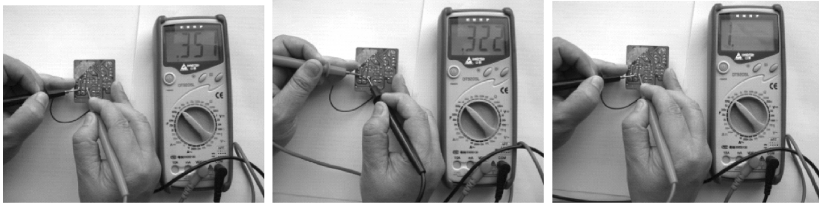
红表笔接 B 极，黑表笔接 C 极，测 BC 结的正向导通压降值为 0.460；黑表笔接 B 极，红表笔接 C 极，测 BE 结的反向导通压降值时，显示屏显示 1，说明反向导通压降值为无穷大。用红表笔接 E 极，黑表笔接 C 极，测 CE 结的正向导通压降值为 0.460；用黑表笔接 E 极，红表笔接 C 极，测 CE 结的反向导通压降值为无穷大。若测量数值偏差较大，则说明该行输出管或与它并联的元器件异常。

提　示

行输出管击穿时，万用表上的蜂鸣器会发出鸣叫声。

四、晶闸管的在路测量 ★★★

怀疑电路板上的晶闸管异常时，可利用万用表的二极管挡在路测量它的三个极间的导通压降进行判断。测量方法和数值如图 6-6 所示。测量时，若导通压降值过大或过小，则需要对其非在路测量，确认它是否正常。



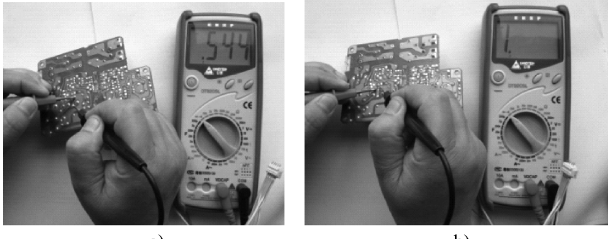
a)　　b)　　c)

图 6-6　双向晶闸管的在路测量

a）红表笔接 T1 极、黑表笔接 T2 极　b）红表笔接 T2 极、黑表笔接 T1 极　c）其他极间

五、场效应晶体管的在路测量 ★★★

怀疑电路板上的场效应晶体管异常时，可利用万用表的二极管挡在路测量它的三个极间的导通压降值进行判断。仅 S、D 极间有正向导通压降，其他极间的测量都为无穷大，如图 6-7 所示。



a)　　b)

图 6-7　场效应晶体管的在路测量

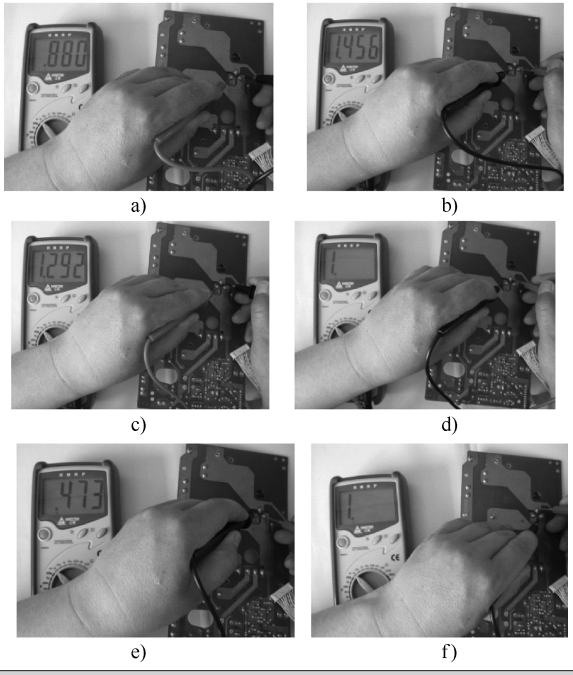
a）S、D 极间正向导通压降　b）其他极间导通压降

提　示

由于D、S极内置了阻尼二极管，所以测量它的D、S极间导通压降值和测量二极管一样。若三个极间的导通压降值都不正常，则说明被测的场效应晶体管异常；若G、S极间的导通压降值异常，则多为并联的元器件异常。

六、IGBT的在路测量 ★★★

怀疑电路板上的IGBT异常时，可利用万用表的二极管挡在路测量它的三个极间的阻值进行判断。测量方法如图6-8所示。



a)　b)　c)　d)　e)　f)

图6-8　IGBT的在路测量

a）红表笔接G极、黑表笔接E极　b）红表笔接E极、黑表笔接G极
c）红表笔接G极、黑表笔接C极　d）红表笔接C极、黑表笔接G极
e）红表笔接E极、黑表笔接C极　f）红表笔接C极、黑表笔接E极

提　示

由于GT40Q321内置阻尼管，所以测量它的C、E极间导通压降值和测量二极管一样。而测量不含阻尼管的IGBT时，它的三个极间导通压降值均应为无穷大。若三个极间的导通压降值都不正常，则说明被测管异常；若C、E两个极间导通压降值异常，则说明300V供电的滤波电容异常。

七、光耦合器的在路测量 ★★★

怀疑电路板上的光耦合器异常时，可利用万用表的二极管挡在路测量它的发光二极管、光敏晶体管的极间导通压降进行判断。测量方法如图6-9所示。

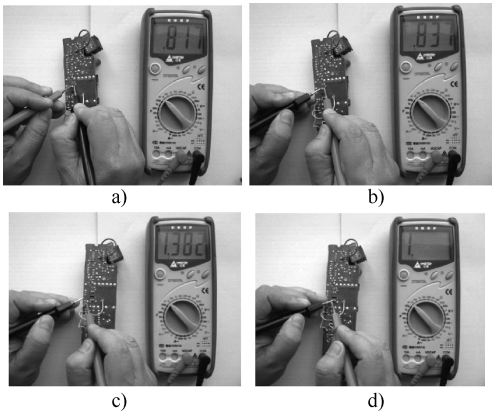


图6-9　光耦合器的在路测量

a）①、②脚间的正向电阻　b）①、②脚间的反向电阻

c）③、④脚间的正向电阻　d）③、④脚间的反向电阻

提　示

由于①、②脚两端并联了电阻，所以①、②脚的导通压降值是该电阻与其他元器件的并联值，因此在路测量只能作为初步判断。若要确认它是否正常，还需要测量它的光电效应或采用代换法进行判断。

八、发光二极管的在路测量 ★★★

首先，**将数字万用表置于导通压降检测挡（二极管挡），把红表笔接发光二极管的正极，黑表笔接负极，此时显示屏显示 1.744 左右的导通压降值，而且被测的发光二极管可以发光**，如图 6-10 所示，说明被测的发光二极管正常，若不能发光，并且导通压降过大或过小，则说明该发光二极管或与其并联的元器件异常。

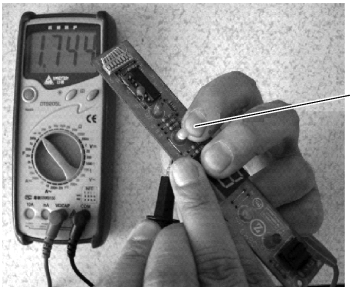


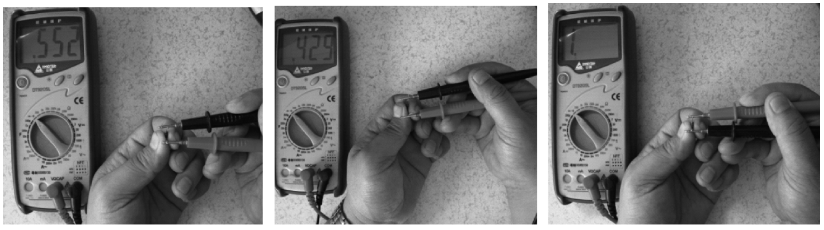
图 6-10　数字万用表二极管挡在路测量发光二极管

第三节　数字万用表二极管挡非在路测量元器件技巧

二极管挡（PN 结压降测量挡）的非在路测量就是通过测量二极管、晶体管、场效应晶体管的非在路时的导通压降值，判断元器件是否正常的方法。

一、整流二极管的非在路测量 ★★★

在路测量整流二极管时使用二极管挡，普通整流二极管的正向导通压降为 0.55 左右，如图 6-11a 所示；高频整流二极管的正向导通压降为 0.429 左右，如图 6-11b 所示。调换表笔后，测量它们的反向导通压降为无穷大，如图 6-11c 所示。若正向导通压降大或反向导通压降小，则说明被测的二极管损坏。



a)　　b)　　c)

图 6-11　数字万用表非在路检测整流二极管

a）普通整流二极管正向导通压降　b）高频整流二极管导通压降　c）反向导通压降

提　示

若二极管表面的标记不清晰，也可以通过测量确认正、负极，先用红、黑表笔任意测量二极管两个引脚间的导通压降值，出现0.5左右数值时，说明红表笔接的是正极。另外，半桥、全桥整流堆是采用2只或4只二极管构成的，所以检测时只需要测量每个二极管是否正常就可以确认它们是否正常。

二、发光二极管/数码管的非在路测量 ★★★

非在路测量发光二极管时，将数字万用表置于导通压降检测挡（二极管挡），把红表笔接发光二极管的正极，黑表笔接负极，测得**它的正向导通压降值为1.799左右，并且会发光**，如图6-12a所示。此时，调换表笔后发光二极管熄灭，反向导通压降变为无穷大，如图6-12b所示，说明被测的发光二极管是正常的。若检测时，导通压降值异常或发光二极管不能发光，则说明被测的发光二极管损坏。

提　示

数码管也是由发光二极管构成的，所以通过检测不发光笔段的发光二极管，就可以确认是数码管异常，还是驱动电路异常。

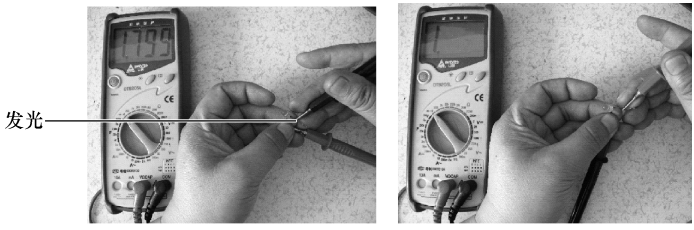


图 6-12　数字万用表二极管挡非在路检测发光二极管

三、高压整流堆的非在路测量 ★★★

高压整流堆由若干个整流二极管的管芯组成，所以测量时反向导通压降值应为无穷大。而正向导通压降值也多为无穷大。下面以微波炉使用的高压整流堆（高压整流二极管）为例介绍高压整流堆的检测方法。首先，将该万用表置于二极管挡，测得的正、反向导通压降值都为无穷大，如图 6-13 所示。若反向有数值，则说明被测管漏电或击穿。

图 6-13　高压整流堆的非在路测量

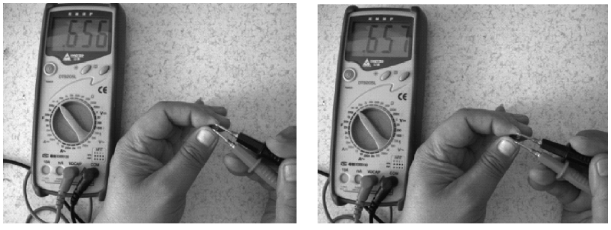
四、晶体管的非在路测量 ★★★

★ 1. 管型与引脚的判别

采用数字万用表判断晶体管的管型和引脚时，应将它置于二极管挡。

（1）NPN 型晶体管引脚的判别

首先假设晶体管的第 1 个引脚为基极，用红表笔接晶体管假设的基极，再用黑表笔分别接另两个引脚，若测得的导通压降值都为 0. 656、0. 657 左右，说明假设的第 1 个引脚的确是基极，并且该管为 NPN 型晶体管，如图 6-14 所示。否则，再次假设基极，按上述方法继续判断。



a)　　b)

图 6-14　数字万用表二极管挡判别 NPN 型晶体管的引脚

（2）PNP 型晶体管引脚的判别

若黑表笔接第 1 个引脚，用红表笔接另外两个引脚，若显示屏显示的导通压降值为 0. 676 和 0. 631 左右，说明该管是 PNP 型晶体管，并且假设的第 1 个引脚就是基极，如图 6-15 所示。否则，再次假设基极，按上述方法继续判断。

a)　　b)

图 6-15　数字万用表判别 PNP 型晶体管的引脚

★ 2. 好坏的判别

当在路测量晶体管异常或购买晶体管时，则需要进行非在路测量，确认它们是否正常。

（1）NPN 型晶体管

使用数字万用表的二极管挡非在路判断 NPN 型晶体管好坏时，将红表笔接晶体管的 B 极，黑表笔分别接 C 极和 E 极，正向导通压降分别为 0.654、0.643，如图 6-16a、b 所示；用黑表笔接 B 极，红表笔接 C、E 极，测得 BC、BE 结的反向导通压降值都为无穷大，如图 6-16c、d 所示；而 C、E 极间的正、反向导通压降值都应为无穷大，如图 6-16e、f 所示。

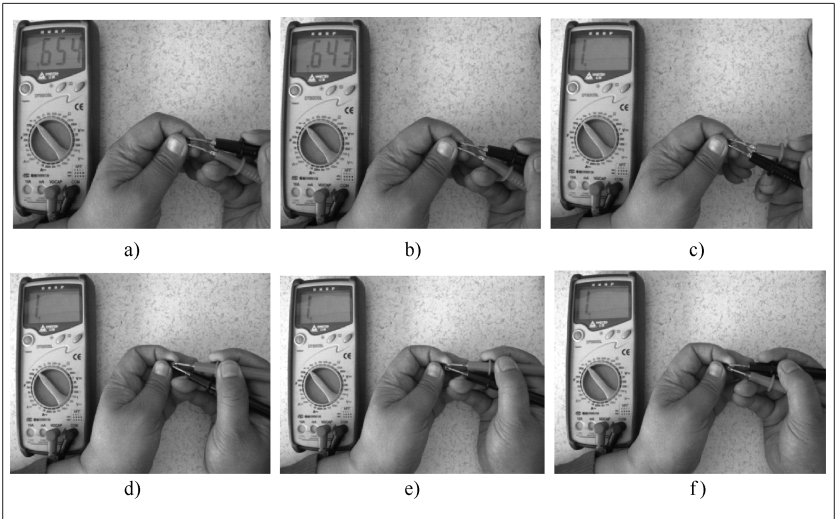


图 6-16　数字万用表非在路判断 NPN 型晶体管的好坏

a）BC 结正向导通压降　b）BE 结正向导通压降　c）BC 结反向导通压降

d）BE 结反向导通压降　e）CE 结正向导通压降　f）CE 结反向导通压降

（2）PNP 型晶体管

采用数字万用表判断 PNP 型晶体管好坏时，将数字万用表置于二极管挡，黑表笔接晶体管的 B 极，红表笔分别接 E 极和 C 极，测 BE、BC 结的正向导通压降值分别为 0.674 和 0.631，如图 6-17a、b 所示；用红表笔接 B 极，黑表笔接 C、E 极，测得 BC、BE 结的反向导通压降值为无穷大，如图 6-17c、d 所示；测 CE 结的正、反向导通压降时也为无穷大，如图 6-17e、f 所示。

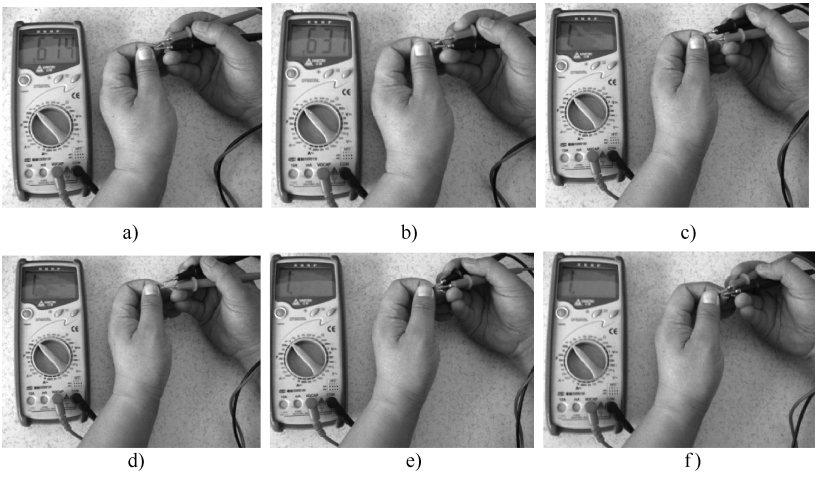


图 6-17　数字万用表非在路判断 PNP 型晶体管的好坏

a）BE 结正向导通压降　b）BC 结正向导通压降　c）BC 结反向导通压降

d）BE 结反向导通压降　e）CE 结正向导通压降　f）CE 结反向导通压降

提　示

部分 PNP 型晶体管 CE 结的正向导通压降值在 1.85 左右。

五、彩电/彩显行输出管的非在路测量 ★★★

采用数字万用表非在路测量行输出管时，应使用 200Ω 挡和二极管挡进行测量。首先，用 200Ω 挡测量 B、E 极间的正向、反向电阻值为 42.4，如图 6-18a、b 所示；再将万用表置于二极管挡，红表笔接 B 极，黑表笔接 C 极，测 BC 结的正向导通压降值为 0.466，如图 6-18c 所示；黑表笔接 B 极，红表笔接 C 极时显示的数字为 1，说明 BC 结的反向导通压降值为无穷大，如图 6-18d 所示；用红表笔接 E 极，黑表笔接 C 极，测量 CE 结的正向导通压降值时为 0.486，如图 6-18e 所示；黑表笔接 E 极，红表笔接 C 极，所测的反向导通压降值为无穷大，如图 6-18f 所示。若数值偏差较大，则说明被测的行输出管损坏。

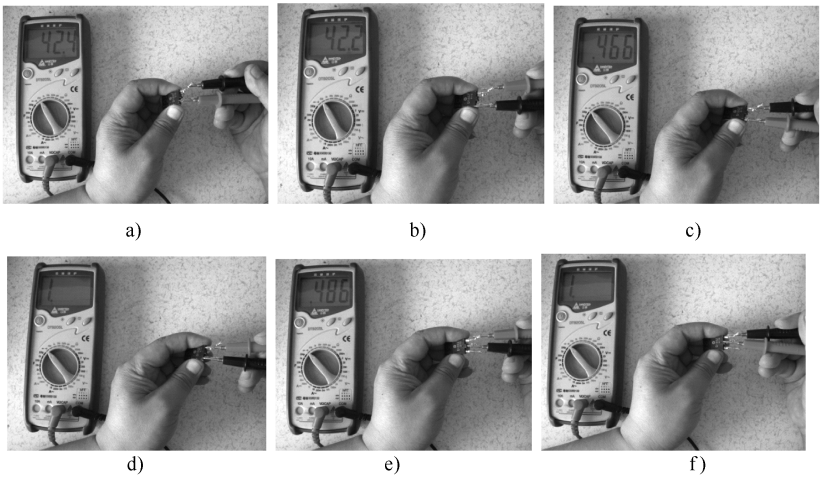


图 6-18　数字万用表非在路检测行输出管

a）BE 结正向电阻　b）BE 结反向电阻　c）BC 结正向导通压降

d）BC 结反向导通压降　e）CE 结正向导通压降　f）CE 结反向导通压降

提　示

由于 BE 结上并联了分流电阻，所以测量 BE 结的正、反向电阻时也就是测量了分流电阻的阻值。而不同的行输出管并联的分流电阻的阻值不尽相同，多为 20 ~ 47Ω。

六、场效应晶体管的非在路测量 ★★★

★ 1. 引脚的判别

由于大功率绝缘栅型场效应晶体管的 D、S 极间并联了一只二极管，所以采用数字万用表检测 D、S 极间的正、反向导通压降时，若出现 0.511 左右的电压值，则说明红表笔接的是 S 极（N 沟道场效应晶体管）或漏极 D（P 沟道场效应晶体管），黑表笔接的引脚是 D 极（N 沟道场效应晶体管）或 S 极（P 沟道场效应晶体管），而余下的引脚为 G 极，如图 6-19 所示。

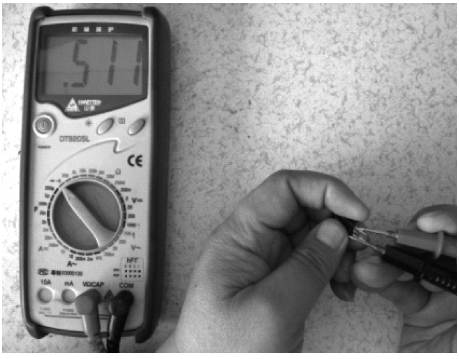


图 6-19　大功率型场效应晶体管引脚的判别示意图

★ 2. 管型与好坏的判别

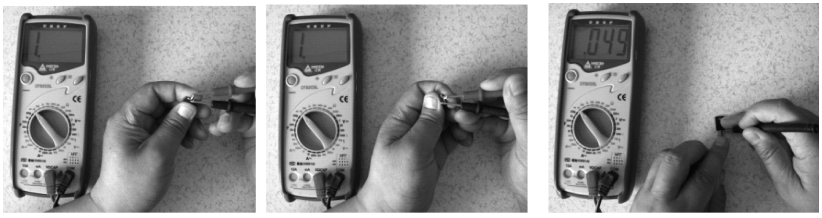
提　示

即使识别出大功率场效应晶体管的 D、S 极，也不能完全确定它是 N 沟道场效应晶体管，还是 P 沟道场效应晶体管，并且对于没有内置二极管的大功率场效应晶体管，则需要通过检测它的触发性能来进一步确认它的管型和引脚功能，以及它是否正常。

首先，将数字万用表置于二极管挡，黑表笔接 S 极，红表笔接 D 极，显示屏显示溢出值 1，说明场效应晶体管截止，如图 6-20a 所示。此时，黑表笔依然接 S 极，用红表笔将 D、G 极短接后，为 G 极提供触发电压，如图 6-20b 所示；再测 D、S 极间的阻值，阻值应迅速变小，说明该管被触发导通，并且该管为 N 沟道场效应晶体管，如图 6-20c所示。若不能导通，则说明该管异常或是 P 沟道场效应晶体管。

提　示

由于数字万用表的触发电流较小，所以有时进行多次触发也不能将场效应晶体管触发导通。遇到这种情况，应该采用指针万用表触发或采用代换法进行判断。场效应晶体管被触发导通后，用表笔的金属部位短接它的三个引脚，就可以使该管恢复截止。



a) b) c)

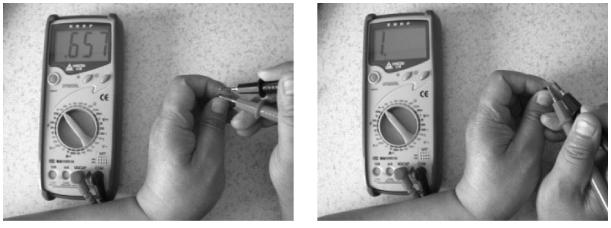
图 6-20　N 沟道大功率场效应晶体管的触发导通

七、单向晶闸管的非在路测量 ★★★

★ 1. 引脚的判别

由于单向晶闸管的 G 极与 K 极之间仅有一个 PN 结，所以这两个引脚间具有单向导通特性，而其他引脚间的阻值应为无穷大。

将数字万用表置于二极管挡，任意测单向晶闸管两个引脚的导通压降值，测试中出现 0.657 的数值时，说明红表笔接的引脚为 G 极，黑表笔接的是 K 极，剩下的引脚为 A 极，如图 6-21 所示。



a) b)

图 6-21　单向晶闸管引脚的判别

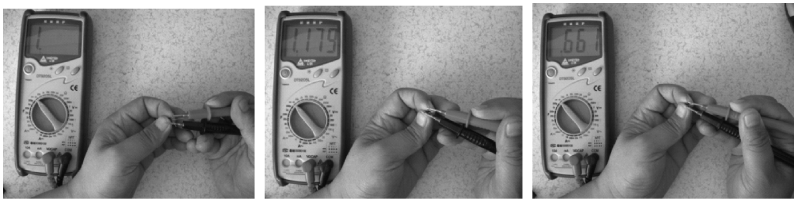
a）G、K 极间正向导通压降　b）其他极间导通压降

★ 2. 触发能力的判别

使用数字万用表检测单向晶闸管的触发能力时，需要将万用表置于二极管挡。检测方法如图 6-22 所示。

将黑表笔接 K 极，红表笔接 A 极，显示溢出值 1，说明它处于截止状态，此时用红表笔瞬间短接 A、G 极，随后测 A、K 极之间的导通压降值为 0.661 左右，说明晶闸管被触发导通并能够维持导通

状态。否则，说明该晶闸管损坏。



a)　　b)　　c)

图 6-22　数字万用表检测单向晶闸管的触发能力

a）触发前　b）触发　c）触发后

提　示

由于数字万用表的触发电流较小，所以一般情况下，数字万用表只能触发功率小的单向晶闸管导通，而很难触发功率大的晶闸管使其导通。通常功率大的晶闸管需要采用指针万用表触发。

八、IGBT 的非在路测量 ★★★

在路检测后怀疑 IGBT 异常或购买 IGBT 时需要对 IGBT 进行非在路检测。下面以常见的 GT40Q321 为例进行介绍。由于 GT40Q321 内置阻尼管，所以测量它的 C、E 极间的正向导通压降为 0.464，如图 6-23a 所示；C、E 极间的反向导通压降或其他极间的正、反向导通压降都为无穷大，如图 6-23b 所示。

a)　　b)

图 6-23　用数字万用表非在路检测 IGBT

a）红表笔接 E 极、黑表笔接 C 极的导通压降　b）其他极间的导通压降

提　示

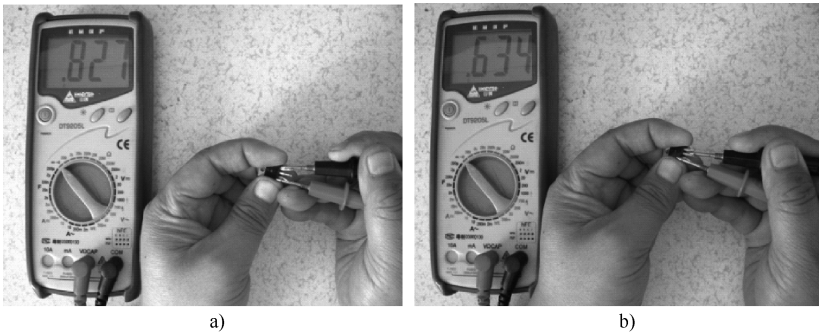
测量不含阻尼管的 IGBT 时，它的三个极间电阻均应为无穷大。若三个极间的阻值都不正常，则说明功率管异常；若 C、E 两个极间阻值异常，则说明外接元器件异常。部分资料介绍 N 沟道场效应晶体管和大功率双极型晶体管构成的 IGBT 也可采用和 N 沟道场效应晶体管一样的触发导通方法进行测试，实际验证该方法行不通。

九、达林顿管的非在路测量 ★★★

下面以常见的 TIP122 为例介绍达林顿管引脚、管型的判别，以及好坏的检测。

★ 1. 引脚与管型的判别

首先假设 TIP122 的一个引脚为基极，随后将万用表置于 PN 结压降测量挡（二极管挡），用红表笔接在假设的基极上，再用黑表笔分别接另外两个引脚。若显示屏显示的导通压降值分别为 0.827、0.634，如图 6-24 所示，说明假设的引脚就是基极，并且数值小时黑表笔接的引脚为集电极，数值大时黑表笔所接的引脚为发射极，同时还可以确认该管为 NPN 型达林顿管。



a)　　b)

图 6-24　数字万用表判别中功率达林顿管管型及引脚

a）BE 结正向导通压降　b）BC 结正向导通压降

提　示

检测过程中，若黑表笔接一个引脚，红表笔接另两个引脚时，显示屏显示的数据符合前面的数值，则说明黑表笔接的是基极，并且被检测的晶体管是 PNP 型达林顿管。

★ 2. 好坏的判别

使用数字万用表判别达林顿管好坏时，应采用 PN 结压降测量挡（二极管挡）检测它的导通压降来完成。

用红表笔接 B 极，黑表笔接 E 极时，检测 BE 结的正向导通压降为 0.829，如图 6-25a 所示；调换表笔后测 BE 结的反向导通压降为无穷大，如图 6-25b 所示；测 BC 结正向导通压降值为 0.637，如图 6-25c 所示；调换表笔后测 BC 结的反向导通压降值为无穷大，如图 6-27d 所示；黑表笔接 C 极、红表笔接 E 极时，测 CE 结的正向导通压降值为 0.553，如图 6-25e 所示；调换表笔后测 CE 结的反向导通压降为无穷大，如图 6-25f 所示。

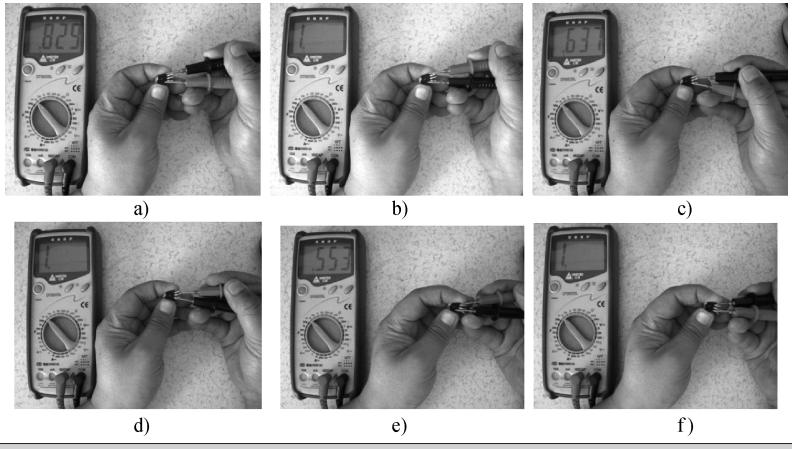


图 6-25　数字万用表判别达林顿管的好坏

a）BE 结正向导通压降　b）BE 结反向导通压降　c）BC 结正向导通压降
d）BC 结反向导通压降　e）CE 结正向导通压降　f）CE 结反向导通压降

提　示

由于部分达林顿管（如 TIP122）的 C、E 极内部并联了二极管，所以测量阻值时与 B、C 极一样，也会呈现单向导电特性。

方法与技巧

由于 TIP122 是大功率达林顿管，它的 BE 结内并联了泄放电阻，使用数字万用表的二极管挡并不能测出该电阻的阻值，显示屏显示的数值是无穷大，而换用 20kΩ 电阻挡检测，就可以测出该泄放电阻的阻值。

十、光耦合器的非在路测量 ★★★

下面以 4 脚的光耦合器 PC123 为例介绍用数字万用表的二极管挡测量光耦合器的方法与技巧。

★ 1. 引脚、穿透电流的检测

用数字万用表的二极管挡测量，就可以判断出光耦合器的引脚和穿透电流的大小，如图 6-26 所示。

由于发光二极管具有二极管的单向导通特性，所以测量时只要发现两个引脚有导通压降值，则说明这一侧是发光二极管，并且红色表笔接的引脚是①脚，另一侧为光敏晶体管的引脚。

一般情况下，发光二极管的正向导通压降为 1.048 左右，调换表笔后显示的数值为 1，说明它的反向导通压降值为无穷大。而光敏晶体管 C、E 极间的正、反向导通压降值都应为无穷大。若发光二极管的正向导通压降值大，则说明它的导通性能下降；若发光二极管的反向导通压降小或光敏晶体管的 C、E 极间的导通压降值小，则说明发光二极管或光敏晶体管漏电。

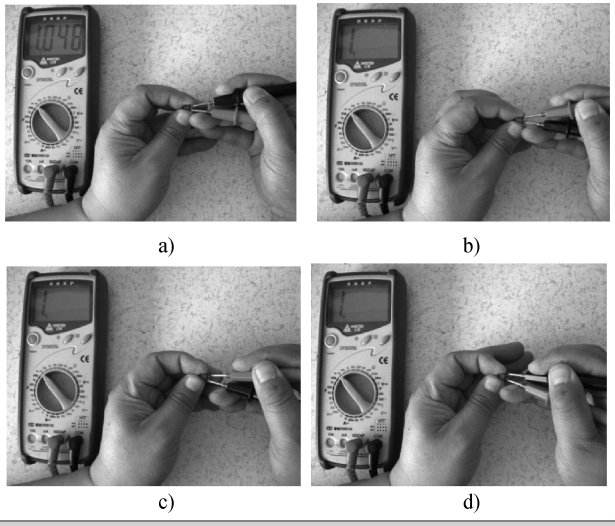


图 6-26　数字万用表判别光耦合器引脚和穿透电流

a）发光二极管正向导通压降　b）发光二极管反向导通压降

c）光敏晶体管 CE 结正向导通压降　d）光敏晶体管 CE 结反向导通压降

★ 2. 光电效应的检测

检测光耦合器的光电效应的方法见第二章相关内容，这里不再介绍。

十一、光电开关的非在路测量 ★★★

★ 1. 引脚、穿透电流的判别

用数字万用表的导通压降测量挡（二极管挡）测量光电开关的导通压降值，就可以判断出它的引脚和穿透电流的大小，如图 6-27 所示。

由于光发射管（发光二极管）具有二极管的单向导通特性，所以测量时只要发现两个引脚有导通压降值，则说明这一侧是光发射管，并且红色表笔接的引脚是光发射管的正极，另一侧为光接收管的引脚。

一般情况下，光发射管的正向导通压降为 1.041 左右，调换表笔后，显示的数值为 1，说明反向导通压降值为无穷大。而光接收管

C、E 极间的正、反向导通压降值都应为无穷大。若光发射管的正向导通压降值大，则说明它的导通性能下降；若光发射管的反向导通压降小或光接收管的 C、E 极间的导通压降值小，则说明光发射管或光接收管漏电。

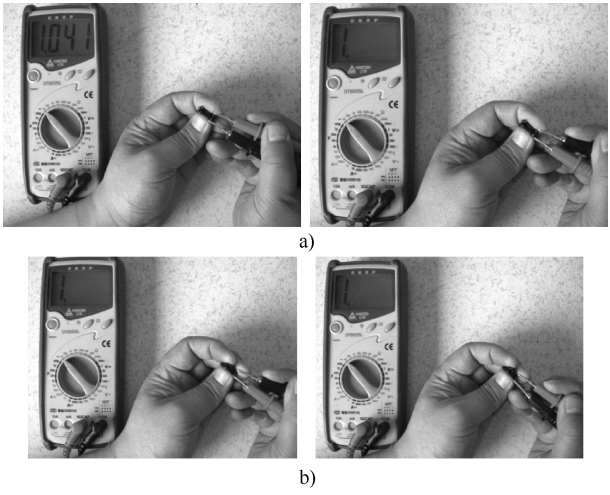


图 6-27　数字万用表判别光电开关的引脚和穿透电流
a）光发射管的检测　b）光接收管的检测

★ 2. 光电效应的检测

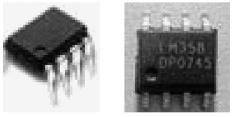
检测光电开关的光电效应见第二章相关内容，这里不再介绍。

十二、LM358 /LM324 /LM339 /LM393 的非在路测量 ★★★

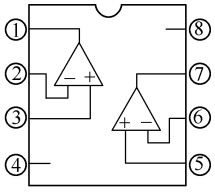
LM358、LM324、LM339、LM393 等芯片的构成和工作原理基本相同，下面以双电压运算放大器 LM358 为例介绍它们的检测方法。

★ 1. 识别

LM358 内设两个完全相同的运算放大器及运算补偿电路，采用差分输入方式。它有 DIP－8 双列直插 8 脚和 SOP－8（SMP）双列扁平两种封装形式。它的外形和内部构成如图 6-28 所示，它的引脚功能如表 6-1 所示。



a)



b)

图 6-28　LM358 的外形和内部构成
a）外形　b）内部构成

表 6-1　LM358 的引脚功能

引　脚　号	引　脚　名	功　　能
①	OUT 1	运算放大器 1 输出
②	Inputs1（－）	运算放大器 1 反相输入端
③	Inputs1（＋）	运算放大器 1 同相输入端
④	GND	接地
⑤	Inputs 2（＋）	运算放大器 2 同相输入端
⑥	Inputs 2（－）	运算放大器 2 反相输入端
⑦	OUT 2	运算放大器 2 输出
⑧	Vcc	供电

★ 2. 检测

（1）运算放大器的检测

由于 LM358 是由两个相同的运算放大器构成的，所以它的两个运算放大器的相同功能引脚对地正、反向导通压降值基本相同，下面以①、②、③脚内的运算放大器为例介绍放大器的测试方法，如图 6-29 所示。

（2）供电端子对地导通压降值的检测

LM358 的供电端⑧脚和接地端④脚间的正、反向导通压降值如图 6-30 所示。

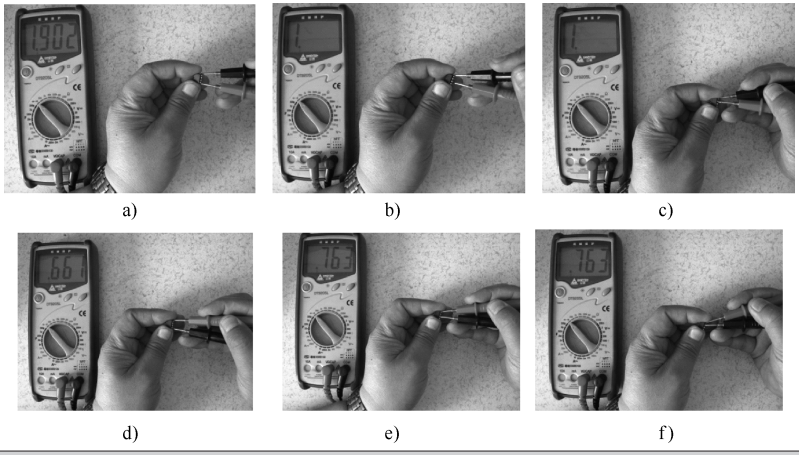


图 6-29　数字万用表二极管挡测量 LM358 的运算放大器

a）红表笔接①脚、黑表笔接④脚　b）红表笔接②脚、黑表笔接④脚

c）红表笔接③脚、黑表笔接④脚　d）黑表笔接①脚、红表笔接④脚

e）黑表笔接②脚、红表笔接④脚　f）黑表笔接③脚、红表笔接④脚

图 6-30　LM358 的供电端子对地测量

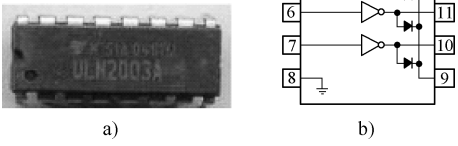
a）黑表笔接④脚、红表笔接⑧脚　b）黑表笔接⑧脚、红表笔接④脚

十三、ULN2003/μPA2003/MC1413/TD62003AP/KID65004 的非在路测量 ★★★

★ 1. 识别

ULN2003/μPA2003/MC1413/TD62003AP/KID65004 是由 7 个非门电路构成的，它的输出电流为 200mA（最大可达 350mA），

放大器采用集电极开路输出，饱和压降 U_{CE}约为 1V，耐压 BV_{CEO}约为 36V，**可用来驱动继电器，也可直接驱动白炽灯等负载。它内部还集成了一个消线圈反电动势的钳位二极管**，以免放大器截止瞬间过电压损坏。ULN2003 的实物与内部构成如图 6-31 所示。在图 6-31b 内接三角形底部的引脚是输入端，接小圆圈的引脚是输出端。



a)　　b)

图 6-31　ULN2003 的实物与内部构成

a）实物　b）内部构成

★ 2. 检测

下面介绍 ULN2003/μPA2003/MC1413/TD62003AP/KID65004 内非门的检测。

由于 ULN2003/μPA2003/MC1413/TD62003AP/KID65004 是由 7 个非门电路构成的，所以它们的 7 个非门的输入端、输出端对接地端⑧脚、对电源供电端⑨脚的导通压降值基本相同。下面以①、⑯脚内的非门为例介绍该电路的检测方法，如图 6-32 所示。

提　示

空调器、电冰箱、打印机、全自动洗衣机还采用一种 8 个非门电路构成的驱动器 ULN2083/TD62083AP。它与 ULN2003 的工作原理和检测方法相同，仅多一路非门，所以它有 18 个引脚，如图 6-33 所示。

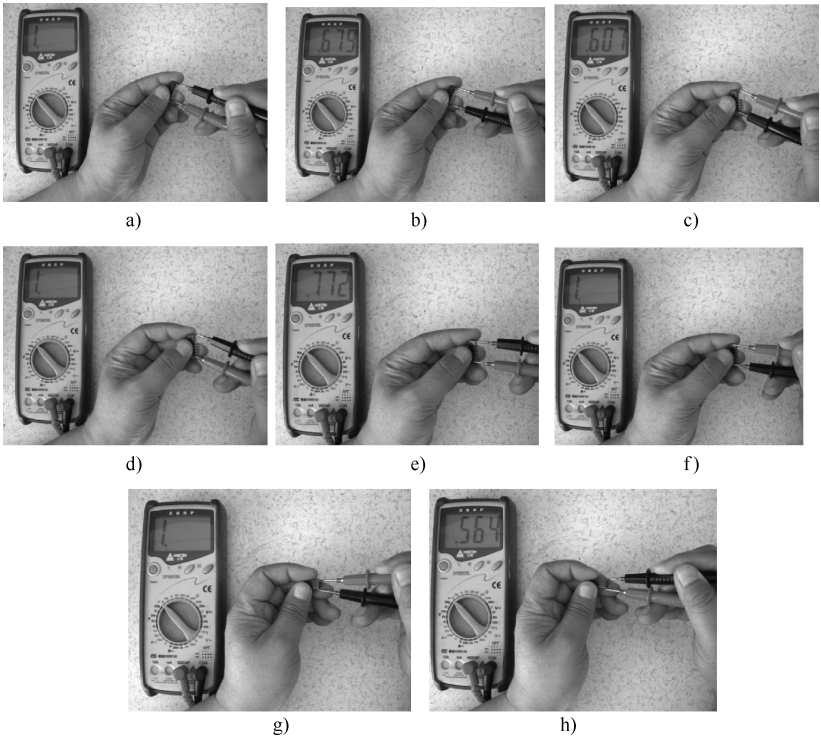


图 6-32　ULN2003 内的非门测量示意图

a）黑表笔接⑧脚、红表笔接①脚　b）黑表笔接①脚、红表笔接⑧脚

c）黑表笔接⑯脚、红表笔接⑧脚　d）黑表笔接⑧脚、红表笔接⑯脚

e）黑表笔接⑨脚、红表笔接⑯脚　f）黑表笔接⑯脚、红表笔接⑨脚

g）黑表笔接⑧脚、红表笔接⑨脚　h）黑表笔接⑨脚、红表笔接⑧脚

图 6-33　TD62083AP 实物

第七章

数字万用表通断测量挡使用轻松入门

为了便于测量线路、熔断器、开关等元器件，数字万用表都设置了通断测量挡（俗称蜂鸣挡），该功能多与二极管挡复合使用。

提　示

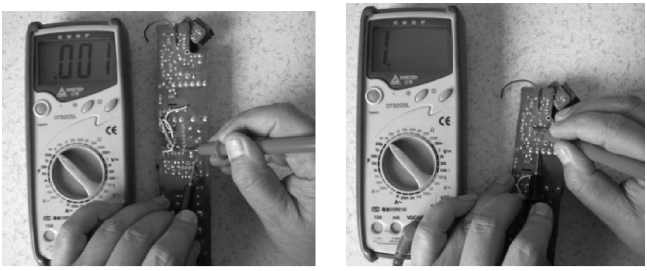
若它复合在二极管挡上，则使用方法、注意事项与二极管挡相同。不同的是，在检测时若线路、开关接通，或二极管、晶体管等元器件击穿短路时，不仅显示屏显示较小的数值，而且面板上的蜂鸣器会发出鸣叫声，这样，使通断检测功能更方便直观。

第一节　数字万用表通断测量挡在路测量元器件技巧

怀疑电路板上的电路断路或判断元器件是否击穿、开路时，可采用数字万用表的通断测量挡对其在路检测，多可以确认故障原因或故障元器件，使检修工作事半功倍。

一、电路板的在路测量 ★★★

测量电路板通断时，使用万用表的通断测量挡，若数值较小且蜂鸣器鸣叫，如图 7-1a 所示，则说明电路板是连通的；若蜂鸣器不鸣叫且显示溢出值，如图 7-1b 所示，则说明电路板开路；若蜂鸣器有时鸣叫，有时不鸣叫，则说明电路板接触不良。



a) b)

图 7-1　数字万用表通断测量挡测量电路板铜箔

二、直通类元器件的在路测量 ★★★

用通断测量挡测量熔断器、小电感、连接器等直通类元器件时，比较方便。下面以熔断器为例介绍直通类元器件的检测。

检测时，若数值近于 0 且蜂鸣器鸣叫，则说明它正常；若不鸣叫且数值为 1，则说明它已开路，如图 7-2 所示。

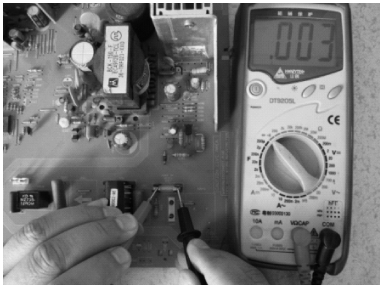
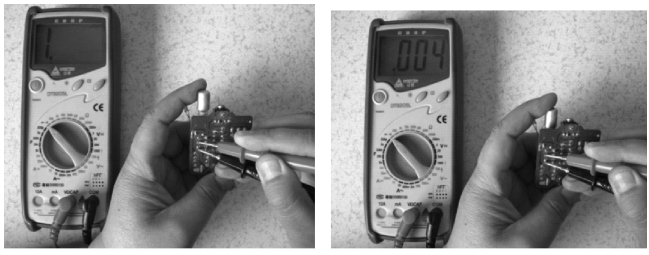


图 7-2　数字万用表通断测量挡在路测量熔断器

三、开关类元器件的在路测量 ★★★

怀疑开关异常时，可以用通断测量挡检测，未按压开关，它的触点断开时，显示的是溢出值，如图 7-3a 所示；按压开关后使它的触点接通，蜂鸣器鸣叫且数值接近于 0，如图 7-3b 所示。否则，说明开关损坏。



a)　　b)

图 7-3　机械开关的在路测量

a）触点断开　b）触点接通

四、击穿元器件的在路测量 ★★★

怀疑晶体管、二极管、场效应晶体管等元器件击穿时，可以用通断/二极管挡在路检测。若显示屏显示的数值接近于 0 且蜂鸣器鸣叫，如图 7-4a 所示，则说明被测元器件或与其并联的元器件异常；若显示的数值为溢出值，则说明被测元器件未发生短路故障。

a)　　b)

图 7-4　通断测量挡在路测量击穿的元器件

a）短路　b）未短路

第二节　数字万用表通断测量挡非在路测量元器件技巧

一、温度型熔断器的非在路测量 ★★★

将万用表置于通断测量挡，两个表笔接在温度型熔断器（过热

保护器）的两个引脚上，若数值较小且蜂鸣器鸣叫，则说明该熔断器正常，如图 7-5 所示；若数值较大，蜂鸣器不鸣叫，则说明熔断器熔断（开路）。

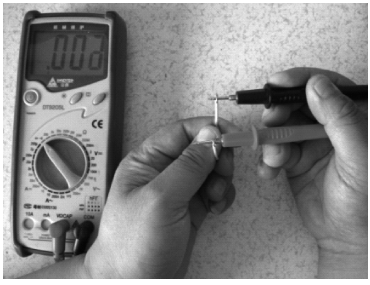


图 7-5　温度熔断器的非在路测量

二、双金属温控器的非在路测量 ★★★

★ 1. 电热器具用温控器检测

用数字万用表测量电热器具的温控器时，应采用通断测量挡进行。测量方法与步骤如图 7-6 所示。

a)　　b)

图 7-6　电热器具用双金属温控器的检测

a）触点接通　b）触点断开

将数字万用表置于通断测量挡，两个表笔接在两个接线端子上，未受热时，若显示屏显示的数值接近于 0，并且蜂鸣器鸣叫，则说明它的内部触点接通，如图 7-6a 所示；若蜂鸣器不能鸣叫，则说明它

已开路。

室温状态下正常后，为它加热，待温度达到标称后数值应变为1，如图7-6b所示，说明触点可以断开。若触点不能断开，则说明触点粘连。

★ 2. 电动机用温控器检测

将数字万用表置于通断测量挡，两个表笔接在两个接线端子上，未受热时，若显示屏显示的数值接近于0，并且蜂鸣器鸣叫，说明它的内部触点接通，如图7-7a所示；若蜂鸣器不能鸣叫，则说明它已开路。

室温状态下正常后，为它加热，待温度达到标称后数值应变为1，如图7-7b所示，说明触点可以断开。若触点不能断开，则说明触点粘连。

a)　　b)

图7-7　电动机用双金属温控器的检测

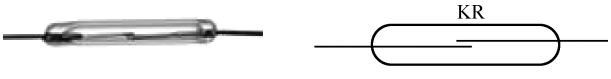
a）常温下　b）受热后

三、干簧管的非在路检测 ★★★

★ 1. 识别

干簧管是一种特殊的磁敏开关。它可作为传感器使用，用于计数、限位、开关检测等。干簧管干接点形式分为常开型、常闭型和转换型三种。它通常有两个或三个既导磁又导电材料做成的簧片触

点，被封装在充有氮、氦等惰性气体或真空的玻璃管里。典型的干簧管实物和电路符号如图 7-8 所示。



a)　　b)

图 7-8　干簧管的实物和电路符号

a）实物　b）电路符号

★ 2. 检测

下面以常开型两端干簧管为例介绍检测方法。未靠近磁铁时，万用表显示溢出值，说明干簧管内的触点断开，如图 7-9a 所示；靠近磁铁后，显示 0 且蜂鸣器鸣叫，说明干簧管内的触点受磁后闭合，如图 7-9b 所示。当脱离磁铁后，显示屏又显示 1，说明干簧管的触点能断开。若干簧管的触点在受磁后仍旧不能闭合，则说明触点开路；若未受磁时就闭合，则说明触点粘连。

a)　　b)

图 7-9　数字万用表检测干簧管

a）未受磁　b）受磁

提　示

图 7-9 测试的是常开型干簧管，而对于常闭型干簧管，应该在未受磁时内部的簧片触点是接通的，只有受磁后簧片触点才能断开。

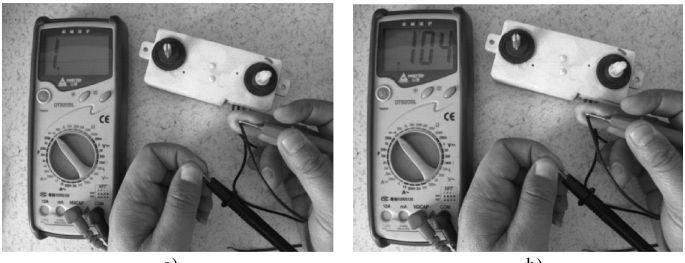
四、定时器的非在路检测 ★★★

定时器主要应用在普通洗衣机、消毒柜、电风扇、饮水机、微波炉上。常见的普通定时器如图 7-10 所示。

a)　b)　c)　d)

图 7-10　常见的普通定时器

未旋转定时器旋钮时，显示屏显示的数字应为 1，如图 7-11a 所示，说明触点断开。旋转定时器的旋钮后，将表笔接在触点的引线上，显示屏显示的数字应为 0，如图 7-11b 所示，说明触点接通。若始终为无穷大，则说明触点不能闭合；若始终为 0，则说明触点粘连。



a)　b)

图 7-11　数字万用表通断测量挡检测洗衣机脱水定时器

a）断开　b）接通

五、重锤起动器的非在路检测 ★★★

重锤起动器是起动压缩机电动机运转的元器件。

★ 1. 识别

重锤起动器的外形如图 7-12 所示。它在压缩机上的安装位置如图 7-13 所示。

a) b) c)

图 7-12　电冰箱典型重锤起动器

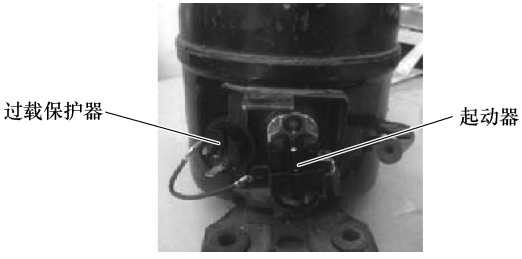
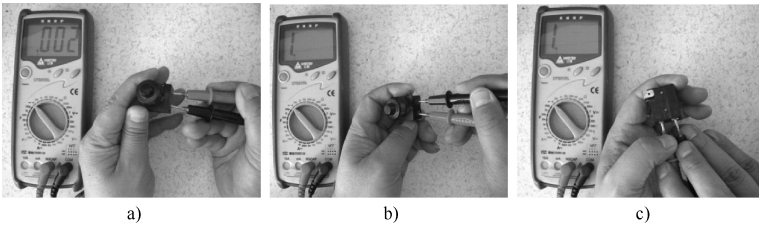


图 7-13　重锤起动器的安装位置

★ 2. 检测

将万用表置于通断测量挡，将起动器正置，把两个表笔接在它的两个引线上，数值接近于 0 且蜂鸣器鸣叫，如图 7-14a 所示；若显示溢出值，则说明起动器开路或触点接触不良，如图 7-14b 所示；将正常的起动器倒置后不仅应听到重锤下坠发出的响声，而且接线端子间的数值应变为 1，说明触点可以断开，如图 7-14c 所示，否则说明触点短路。



a) b) c)

图 7-14　数字万用表通断测量挡检测重锤起动器

a）接通　b）故障　c）断开

六、过载保护器的非在路测量 ★★★

过载保护器又称过载过热保护器或过热保护器。顾名思义，它就是为了防止电动机因过热、过电流损坏而设置的。下面以电冰箱压缩机电动机的过载保护器为例进行介绍。

★ 1. 作用

当压缩机电动机运行电流正常时，过载保护器的触点接通，压缩机正常工作。当压缩机因供电异常、起动器异常等原因引起工作电流过大或工作温度过高时，过载保护器的触点断开，切断压缩机的供电回路，压缩机停止工作，实现保护压缩机的目的。它在压缩机上的安装位置如图 7-13 所示。

★ 2. 分类

电冰箱压缩机采用的过电流保护区主要有外置式和内藏式两种。部分老式电冰箱有的使用的起动器、过载保护器是一体式的。常见的过载保护器外形和内部构成如图 7-15 所示。

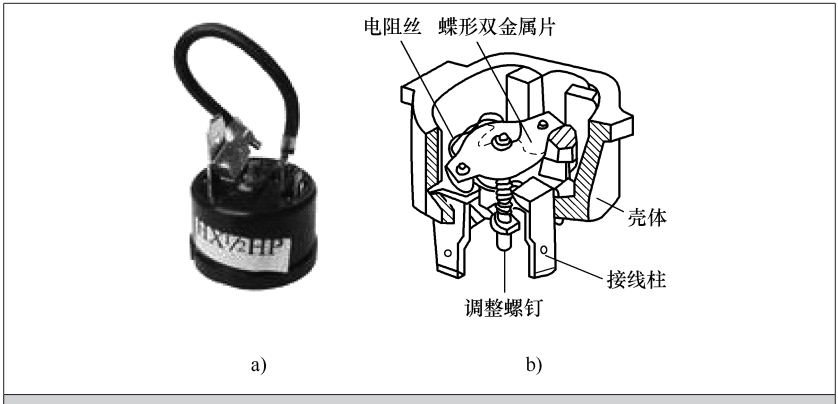
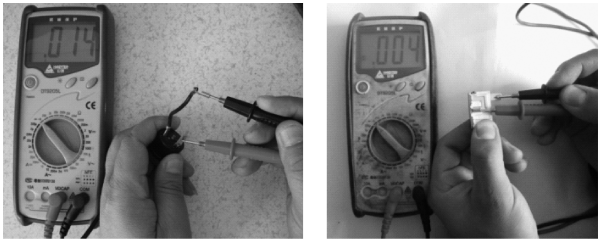


图 7-15　过载保护器的外形和内部构成
a）外形　b）内部构成

★ 3. 检测

用数字万用表的通断测量挡测量时，显示屏显示的数值接近于 0 且蜂鸣器鸣叫，如图 7-16 所示；若数值仍过大，则说明触点开路，

不能完成起动功能。为它加热或翻转后，数值应变为1，说明达到温度后触点能断开；若数值仍接近于0，则说明它内部的触点粘连，失去了保护功能。



a) b)

图7-16　数字万用表检测过载保护器

a）蝶形过载保护器　b）插入式过载保护器

第八章

数字万用表电容挡使用轻松入门

通过数字万用表的电容挡不仅可测量电容容量大小，判断电容是否正常，而且还可以测量声表面滤波器、晶振等特殊元器件的容量，估测它们是否正常。

第一节　数字万用表电容挡使用基础

一、数字万用表电容挡的使用方法 ★★★

为了便于测量电容等元器件，数字万用表都设置了电容测量挡(简称电容挡)。由于早期数字万用表与新型万用表测量电容的方法不同，下面分别介绍。

★ 1. 早期数字万用表电容挡的使用

早期的数字万用表电容挡的测量范围多为 0 ~ 20μF 或 200μF，并且需要设置电容测量插孔，如图 8-1a 所示。**需要测量电容时，将功能开关旋转到电容测量挡位，再将待测电容的引脚插入电容测量插孔内，屏幕上就会显示电容容量值，**如图 8-1b 所示。

★ 2. 新型数字万用表测量电容

新型数字万用表不仅扩大了测量范围（0 ~ 2000μF，甚至更大)，而且取消了电容测量插孔，将表笔接在电容引脚上，就可以对电容的容量进行测量，如图 8-2 所示。

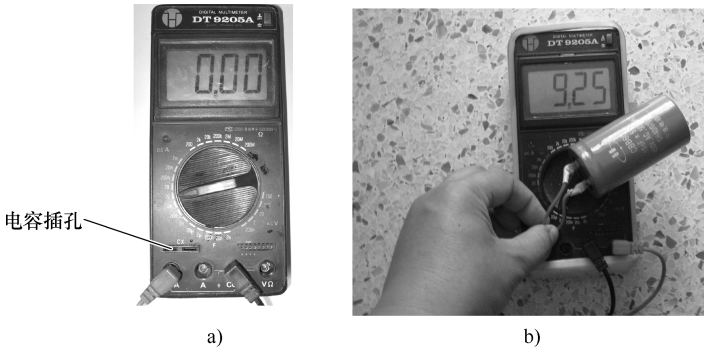


图 8-1　早期数字万用表测量电容
a）电容插孔　b）电容的测量

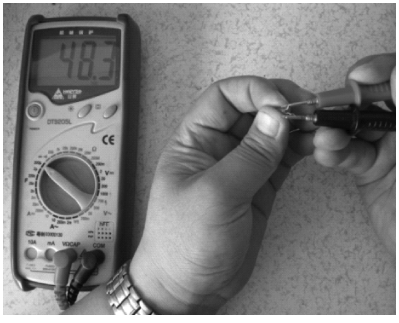


图 8-2　新型数字万用表测量电容

二、电容挡使用的注意事项 ★★★

1）对被测电容进行测量前，需要确认它没有存储电压，若存储较高的电压，需将电压释放后才能进行检测，以免损坏万用表或被电击。

2）测量时要选择合适的挡位，以免导致测量误差较大。

3）采用早期数字万用表测量电容时，需确认被测电容的引脚与电容测量插孔内簧片能否可靠接触，否则会导致测量数据误差较大。

第二节　数字万用表电容挡在路测量元器件技巧

利用数字万用表的电容挡在路测量电路板上电容的容量值大小，就可以初步判断电容是否正常。

一、瓷片电容的在路测量 ★★★

怀疑33nF（0.033μF）电容异常，可采用200nF电容挡对它进行在路测量，显示屏显示的数值就是它的容量值，如图8-3所示。若数值较小，则说明电容容量不足；若数值大，则说明有电容与其并联或其漏电，需要采用非在路测量法确认。

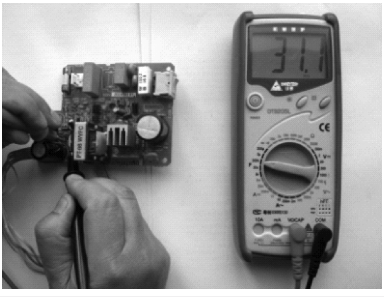


图8-3　瓷片电容的在路测量

二、电解电容的在路测量 ★★★

怀疑33μF的电解电容异常，可用数字万用表200μF电容挡对它进行在路测量，显示屏显示的数值就是它的容量值，如图8-4所示。若数值较小，则说明电容容量不足；若数值大，则说明与其他电容并联或电容漏电，需要采用非在路测量法确认。

三、涤纶电容的在路测量 ★★★

怀疑100nF（0.1μF）电容异常，可采用200nF电容挡对它进行在路测量，显示屏显示的数值就是它的容量值，如图8-5所示。若

数值较小，则说明电容容量不足；若数值大，则说明有其他电容与其并联或其漏电，需要采用非在路测量法确认。

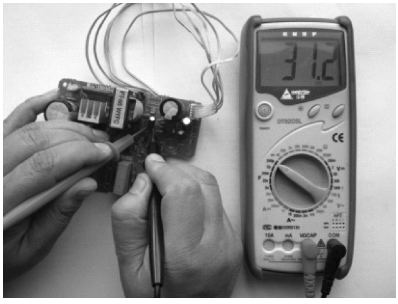


图 8-4　电解电容的在路测量

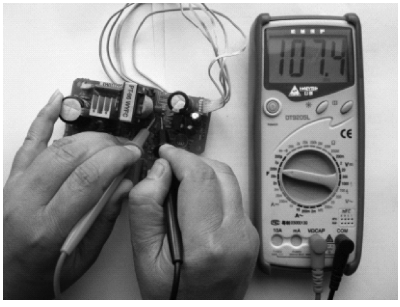


图 8-5　涤纶电容的在路测量

四、MKP、MKPH 电容的在路测量 ★★★

下面以电磁炉内容量为 0.27μF、2μF、5μF 的 MKP、MKPH 电容为例介绍电容的检测方法。

★ 1. 0.27μF 电容

怀疑 0.27μF 电容异常，首先应断开线盘，再用 2μF 挡对它在路测量，显示屏显示的数值就是电容容量，如图 8-6a 所示。若数值较小，则说明电容容量不足；若数值大，则说明电容漏电或与其他电容并联。

★ 2. 5μF 电容

怀疑 5μF 电容异常，可用 200μF 挡对它在路测量，显示屏显示的数值就是电容容量，如图 8-6b 所示。若数值较小，则说明电容容量不足；若数值大，则说明电容漏电或与其他电容并联。

★ 3. 2μF 电容

怀疑 2μF 电容异常，可用 200μF 挡对它在路测量，显示屏显示的数值就是它的容量，如图 8-6c 所示。若数值较小，则说明电容容量不足；若数值大，则说明电容漏电或与其他电容并联。

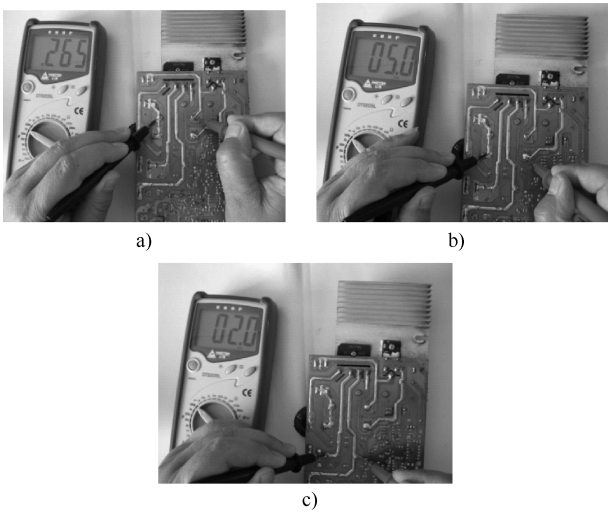


图 8-6　MKP、MKPH 电容的在路测量

a）谐振电容　b）300V 供电滤波电容　c）高频滤波电容

第三节　数字万用表电容挡非在路测量元器件技巧

利用数字万用表的电容挡非在路测量电容、晶振等元器件的容量，就可以判断它们是否正常。

一、普通电容的非在路测量 ★★★

在路检测普通电容异常或购买新电容时，都需要对其进行测量。下面以 100μF、47μF、10μF 电解电容和 104（100nF）的瓷片电容为例介绍普通电容的检测方法。

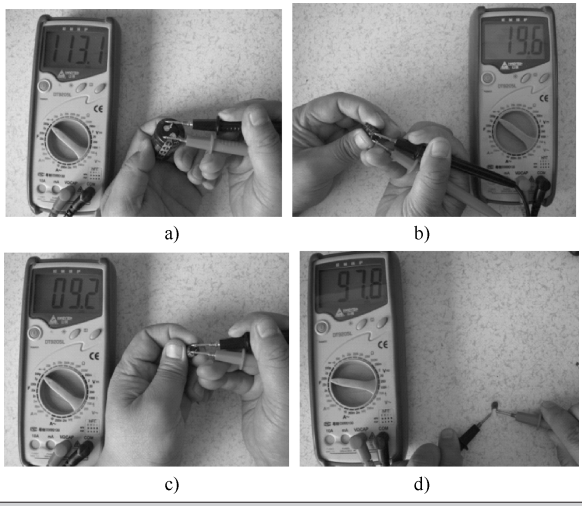
怀疑容量为 100μF 的电容异常时，可用 200μF 挡对其检测，屏幕上显示它的容量值为 113.1μF，如图 8-7a 所示。

怀疑容量为 47μF 的电容异常时，可用 200μF 挡对其检测，屏幕上显示它的容量值为 19.6μF，如图 8-7b 所示。

怀疑容量为 10μF 的电容异常时，可用 200μF 挡对其检测，屏幕上显示它的容量值为 9.2μF，如图 8-7c 所示。

怀疑容量为 104 的电容异常时，可用 200nF 挡对其检测，屏幕上显示它的容量值为 97.8nF，如图 8-7d 所示。

图 8-7a、c、d 所测得的容量值偏差较小，一般情况下不需要更换，而图 8-7b 所测的容量值偏差较大，说明该电容失容比较严重，需要更换。



a) b) c) d)

图 8-7　数字万用表电容挡非在路检测普通电容

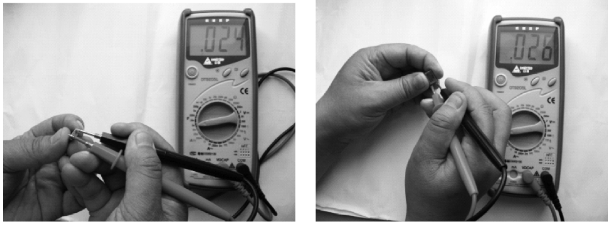
a）100μF 电容　b）47μF 电容　c）10μF 电容　d）100nF 电容

二、晶振的非在路测量 ★★★

由于**晶振在结构上类似一只小电容，所以可以通过所测得容量值来判断它是否正常**。下面以常见的3.58MHz、4.43MHz、22.1MHz晶振为例进行介绍。

★ 1. 两端晶振的检测

将数字万用表置于2nF挡，两根表笔接在晶振的两个引脚上，容量值如图8-8所示。



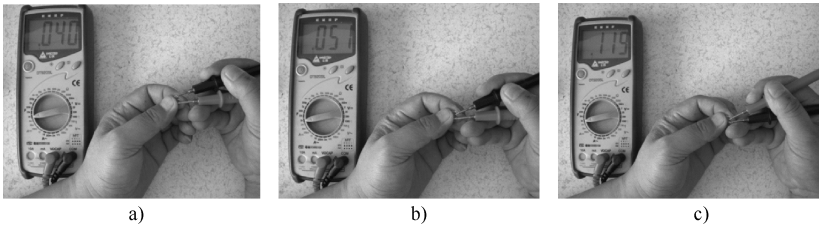
a)　　b)

图8-8　用数字万用表检测两端晶振

a）3.58MHz晶振　b）4.43MHz晶振

★ 2. 三端晶振的检测

将数字万用表置于2nF挡，两根表笔接在晶振的输入、输出脚上，测输入、输出脚间的容量值如图8-9a所示；测输入脚与接地脚间的容量值如图8-9b所示；测输出脚与接地脚间的容量值如图8-9c所示。



a)　　b)　　c)

图8-9　用数字万用表检测三端晶振

提　示

由于检测方法不能准确判断晶振是否正常，所以最可靠的方法还是采用正常的、同规格的晶振代换检查。

三、声表面滤波器的非在路测量 ★★★

★ 1. 识别

声表面滤波器是一种换能式无源带通滤波器，它的英文缩写为SAWF或SAW。它用于电视机和录像机的中频输入电路中作选频元件，取代了中频放大器的输入吸收回路和多级调谐回路。

声表面滤波器在电路中用字母Z或ZC（旧标准用X、SF、CF）表示。它的实物外形和常见的电路符号如图8-10所示。

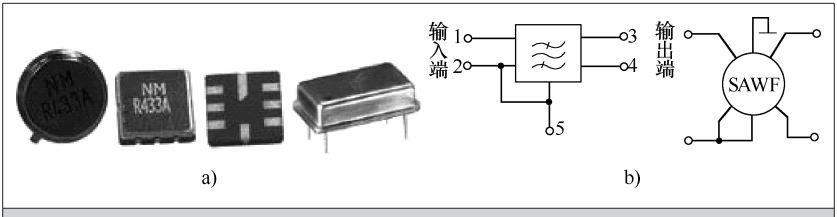


图8-10　声表面滤波器

a）实物外形　b）电路符号

声表面滤波器内部由输入换能器、压电基片、输出换能器和吸声材料等组成，如图8-11所示。当其输入端有中频电视信号输入时，输入换能器将电信号转换为机械振动信号，在压电基片上产生声表面波信号，该信号经输出换能器转换为电信号并输出。因此，中频信号通过声表面滤波器对无用成分进行衰减或滤除，并将有用的成分选出。

提　示

彩电采用的声表面滤波器的标称频率有37MHz、38MHz等多种。

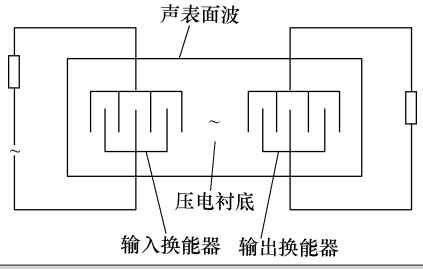


图 8-11　声表面滤波器的构成

★ 2. 检测

声表面滤波器可采用电阻法、电容法、模拟法、代换法进行检测。电阻法和代换法比较简单，下面介绍电容检测法。这里以彩色电视机用 38MHz 为例进行介绍。

用万用表的 2nF 电容挡，就可以测量输入端、输出端对地的容量值，如图 8-12 所示。

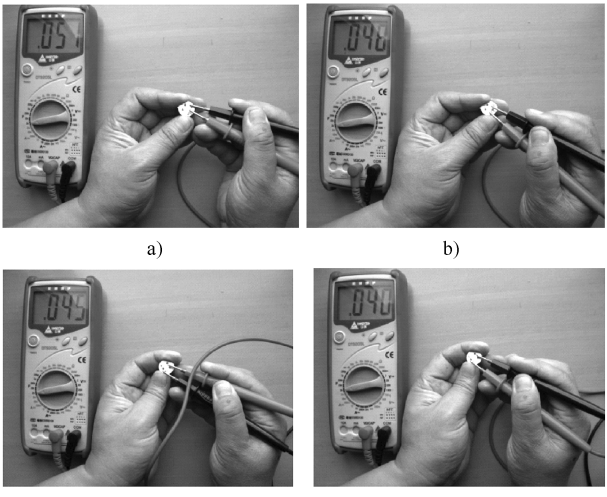


图 8-12　数字万用表电容挡测量声表面滤波器

a）红表笔接信号输入端、黑表笔接地　b）黑表笔接信号输入端、红表笔接地

c）红表笔接信号输出端、黑表笔接地　d）黑表笔接信号输出端、红表笔接地

提　示

由于两个信号输出端对地的容量值基本相同，所以图 8-12 仅测出一个输出端对地的容量值。

第九章

数字万用表电压/电流挡使用轻松入门

第一节　数字万用表直流电压挡使用轻松入门

利用数字万用表的直流电压挡测量电路或元器件关键点电压是否正常，就可以判断电路或元器件工作是否正常。下面以 DT9205L 型万用表为例介绍数字万用表直流电压挡的使用方法和技巧。

一、直流电压挡使用方法 ★★★

★ 1. 安装表笔

测量直流电压时，红表笔插入 VΩCAP 孔，黑表笔插入 COM 孔，如图 9-1 所示。

图 9-1　数字万用表直流电压挡表笔的安装

★ 2. 量程选择

测量直流电压时，根据需要将量程开关拨至直流电压挡的合适

量程，如图 9-2 所示。

提　示

在不能确认被测直流电压范围时，应先选择较高的直流电压挡位，根据显示的数值再调整到合适的挡位。

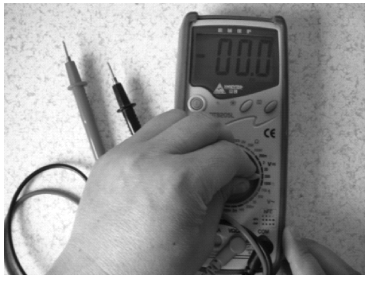
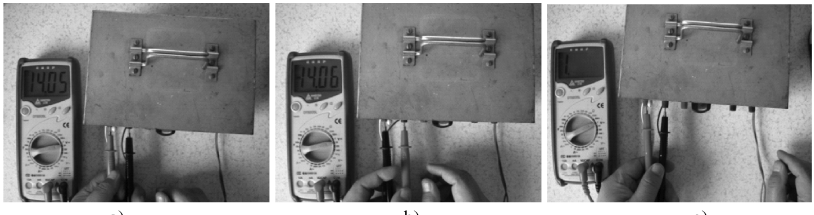


图 9-2　数字万用表直流电压挡量程的选择

★ 3. 测量与读数

例如，测量直流电源输出的 10V 电压时，先将万用表置于 20V 直流电压挡，再将表笔接直流电源的正、负极输出电压柱上，此时显示屏显示的数值为 14.05，说明该电源的 10V 电压挡输出的空载电压为 14.05V，如图 9-3a 所示；如果显示屏显示 -14.05V，如图 9-3b 所示，说明表笔接反了。

再如，用 2V 电压挡测量 14V 电压时，显示屏显示的数字是 1，如图 9-3c 所示，说明被测电压超过量程范围，需要增大量程。



a)　　b)　　c)

图 9-3　数字万用表测直流电压与读数

二、直流电压挡使用的注意事项 ★★★

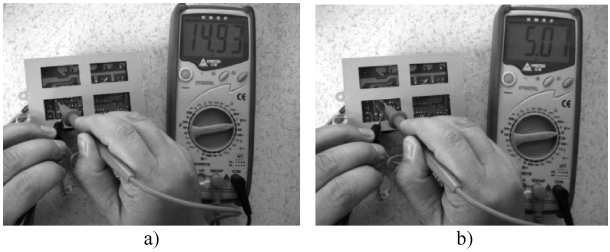
1）在**测量较高电压时不能转换量程，必须在表笔脱离电路后才能转换量程**，以免量程开关的触点被大电流烧蚀。

2）测量开关电源输出电压，若开关电源稳压电路异常导致输出电压升高，在测量时发现电压升高，应迅速切断电源，以免负载过电压损坏。

3）测量 CRT 彩电、彩显行输出管集电极的直流电压时，应接好表笔后再为彩电、彩显通电，以免开机期间，表笔接行输出管集电极时，因较高的反峰电压而产生拉弧或测量数值可能不准确等异常现象。

三、三端不可调稳压器的测量 ★★★

检测三端不可调稳压器时，可采用电阻测量法和电压测量法两种方法。而实际测量中，一般都采用电压测量法。下面以 5V 电源电路为例进行介绍，测量过程如图 9-4 所示。



a)　　b)

图 9-4　三端稳压器 78L05 的测量

a）输入端电压　b）输出端电压

为电路板供电后，用 20V 直流电压挡测 78L05 的输入端对地电压为 14.93V，测输出端与接地端间的电压为 5.01V，说明该稳压器及相关电路正常。若输入端电压正常，而输出端电压异常，则为稳压器异常。

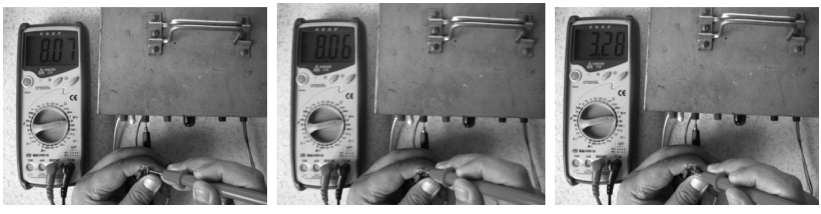
提　示

若稳压器空载电压正常，而接上负载时，输出电压下降，则说明负载过电流或稳压器带载能力差，这种情况对于缺乏经验的人员最好采用代换法进行判断，以免误判。

四、四端稳压器的检测 ★★★

四端稳压器属于受控型稳压器，它的检测可采用电阻测量法和电压测量法两种方法。而实际测量中，通常采用电压测量法。下面以典型的 PQ3RD23 为例进行介绍。

如图 9-5 所示，将 PQ3RD23 的供电端①脚和接地端③脚通过导线接在稳压电源的正、负电压输出端子上，再将一只 10kΩ 电阻接在①脚和控制端④脚上，为④脚提供高电平控制信号。随后，将稳压电源调在 8V 直流电压输出挡上，测 PQ3RD23 的①脚与③脚之间的电压为 8.07V，测它的④脚、③脚间电压为 8.06V，测它的输出端②脚与③脚间电压也为 3.28V，说明 PQ3RD23 正常。若②脚无电压输出，在确认①脚和④脚电压正常后，则说明它损坏。



a)　　b)　　c)

图 9-5　四端稳压器 PQ3RD23 的检测

a）①脚电压　b）④脚电压　c）②脚电压

第二节　数字万用表交流电压挡使用轻松入门

利用数字万用表的交流电压挡测量电路或元器件关键点交流

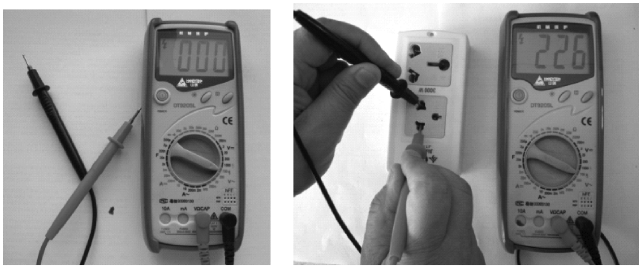
电压是否正常，就可以判断电路或元器件是否正常。下面以DT9205L型万用表为例介绍数字万用表交流电压挡的使用方法和技巧。

一、交流电压挡的使用 ★★★

交流电压挡和直流电压挡的使用方法、注意事项基本相同，不同的是，使用时功能/量程开关拨至交流电压挡位置。

二、市电电压的测量 ★★★

测量市电电压时，选择功能开关使其处于交流750V电压位置，将表笔插入市电插座的插孔内，就可以测出市电电压，如图9-6所示。



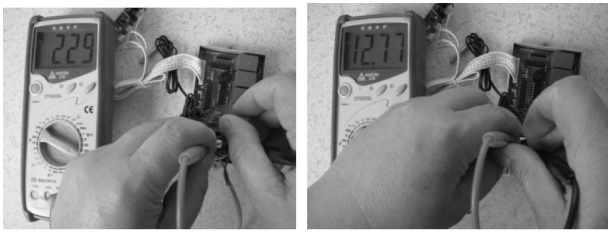
a)　　b)

图9-6　数字万用表的交流电压挡使用示意图

a）选择电压挡位　b）220V市电电压的测量

三、变压器输入/输出电压的测量 ★★★

为电源变压器的一次绕组输入229V市电电压，如图9-7a所示，用万用表交流20V电压挡测变压器二次绕组输出的交流电压值为12.77V，如图9-7b所示。若变压器的输入电压正常，输出电压异常，则说明变压器或负载异常。



a)　　b)

图 9-7　电源变压器二次绕组输出电压的测量
a）输入电压　b）输出电压

四、显像管灯丝电压的测量 ★★★

测量显像管灯丝电压时，将万用表置于交流 20V 电压挡，再将表笔接在显像管灯丝的引脚上，显示屏显示的数值是 6.35，说明该机的显像管灯丝的供电电压为 6.35V，如图 9-8 所示。

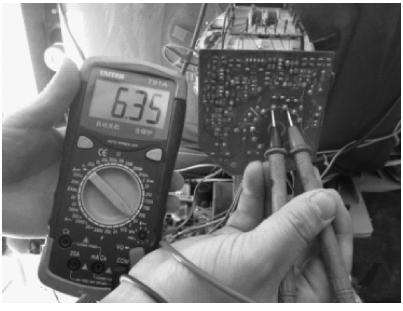


图 9-8　显像管灯丝电压测量

提　示

由于被测彩电的显像管灯丝供电由行输出变压器提供，使用该电压属于高频脉冲电压，因此采用数字万用表检测后，输出电压较正常值（$27V_{PP}$）低许多。

五、市电相线、零线的判别 ★★★

通常情况下，用试电笔可以轻松判别出市电的相线与零线。若手头无试电笔，而恰有万用表时，用万用表也可以较快地判别市电的相线与零线。下面介绍用万用表判别市电的相线与零线的方法。

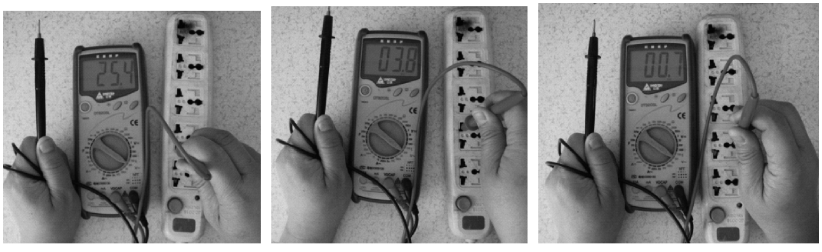
1）将万用表的量程开关旋至交流 200V 挡。

2）将黑表笔线在左手上缠绕 2 ~ 3 圈。

注意

黑表笔的金属针不能碰到身体的裸露部位，以免被电击。

3）用红表笔分别接插座两个插孔的金属片，如图 9-9 所示。对比两次测量结果，测量电压大的时候所接的电源线就是相线，测量电压小的就是零线。如果是测量接地线，则电压为 0 或较低。



a)　　b)　　c)

图 9-9　万用表判别市电的相线、零线、地线

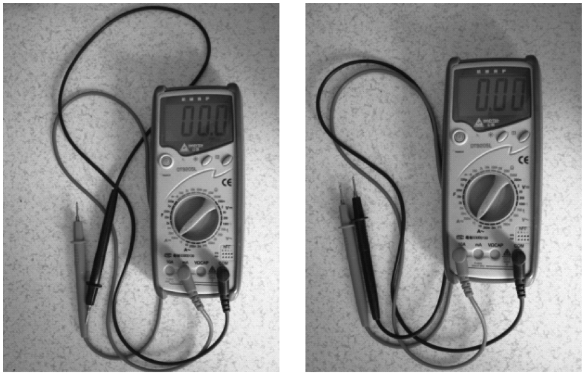
a）相线　b）零线　c）地线

第三节　数字万用表直流电流挡使用轻松入门

利用数字万用表的直流电流挡测量元器件或单元电路的直流电流值，就可以判断元器件或单元电路是否正常。

一、表笔安装与挡位选择 ★★★

测量的直流电流不足200mA时，将黑表笔（负表笔）插入COM插孔内，将红表笔（正表笔）插入mA插孔内，如图9-10a所示。若需要测量超过200mA（0.2A）~10A范围内的大电流时，则需要将正表笔插入10A的插孔内，如图9-10b所示。



a) b)

图9-10 数字万用表的表笔安装位置

a）测量200mA以内电流 b）测量0.2~10A电流

提 示

在不能确认被测直流电流范围时，应先选择较高的直流电流挡位，观察显示屏显示的数值后再调整到合适的挡位。若显示溢出值1，则需要更换量程大的挡位。

二、使用直流电流挡的注意事项 ★★★

下面以DT9205L型数字万用表为例介绍数字万用表直流电流挡使用的注意事项。

1）**需要拔掉红表笔后，才能旋转功能/量程旋钮，以免发生故障**。

2）**测量电流时，表笔必须串联在电路中**，不能并联在电路内。

三、直流电流挡的使用方法 ★★★

例如，测量一个指示灯电路的直流电流时，先选择 20mA 的直流电流挡位，随后将表笔串入电路，打开直流电源的开关，为指示灯电路提供 12V 直流电压后，显示屏显示的数值为 1.22，说明该回路的直流电流为 1.22mA，如图 9-11 所示。

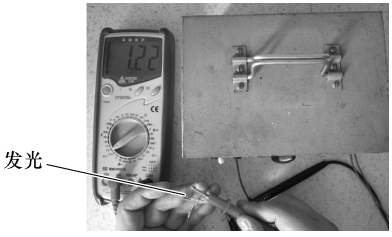


图 9-11　数字万用表直流电流挡测量指示灯回路电流

第四节　数字万用表交流电流挡使用轻松入门

利用数字万用表的交流电流挡（又称交流电流测量挡）测量元器件或单元电路的交流电流值，就可以判断元器件或单元电路是否正常。

一、表笔安装、挡位选择和注意事项 ★★★

测量交流电流时的操作规程和测量直流电流时基本相同，不同的是：将功能/量程旋钮拨至 ACA（交流）的合适量程，被测电流小于 200mA 时红表笔插入 mA 插孔，被测电流大于 200mA 时插入 10A 或 20A 的插孔内，黑表笔插入 COM 插孔内。

二、交流电流挡的使用 ★★★

例如，测量空调器电脑板的交流电流时，取下市电输入回路的熔断器（保险管），将万用表置于交流 200mA 挡，再将表笔接在熔断器管座的两端，为该电脑板输入市电电压后，显示屏上就可以显

示电流值。由于该电路板未接负载，所以显示屏显示的数字为0，如图9-12所示。

图9-12　数字万用表交流电流挡使用

第五节　数字万用表的其他测量功能使用轻松入门

一、晶体管放大倍数挡的使用技巧 ★★★

数字万用表都具有晶体管放大倍数测量功能，测量方法和指针万用表相似。区别是，采用数字万用表测量晶体管的放大倍数时，步骤更简捷，并且显示的数值更直观。显示屏显示的数值越大，说明被测晶体管的放大倍数就越大。

将一只PNP型晶体管的B、C、E三个极插入对应的插孔后，显示屏显示的数值为111，说明该晶体管的放大倍数为111，如图9-13所示。若显示的数值异常，在确认插入的引脚准确时，则说明被测晶体管异常。

二、频率测量挡的使用技巧 ★★★

将量程开关拨至Hz/%的测量挡位，再将红表笔插入Hz插孔，将黑表笔插入COM插孔内，随后将两个表笔并联在信号源上，显示屏上就会显示出被测信号的频率值。如果需要显示占空比，则按Hz/%键，显示屏就会显示占空比%的大小，如图9-14所示。

图 9-13　数字万用表的 h_{FE}挡使用

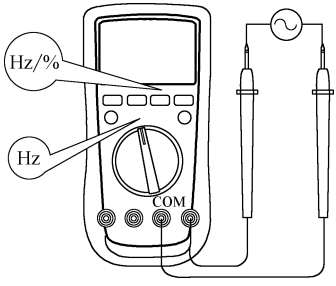


图 9-14　数字万用表的频率测量挡的使用

三、温度测量挡的使用技巧 ★★★

1）将量程开关拨至℃/℉的测量挡位，此时，显示屏会显示室温 OL。

2）将温度 K 型十字插头插入“ + ”、“ – ”插孔内。

3）将温度探头接在被测物体的表面，数秒后显示屏就会显示被测物体的温度，如图 9-15 所示。

如果需要读取华氏温度，按一下 SELECT 键，显示屏就会显示℉值。

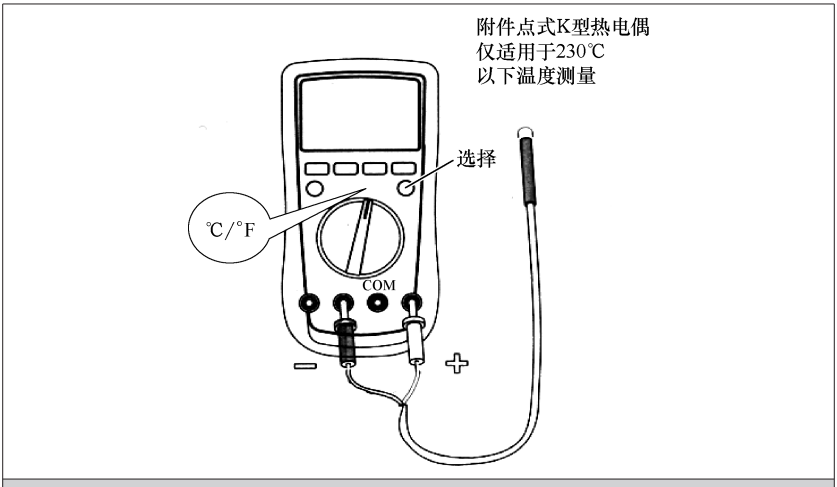


图 9-15　数字万用表的温度测量挡的使用

四、电磁场感应测量挡的使用技巧 ★★★

拔下表笔，将量程开关拨至 EF 的测量挡位，随后把万用表的前端标有 EF 的图标所指的方向靠近被测物体，当检测到电磁场或交流电压时，显示屏显示数字，同时指示灯发光，并且蜂鸣器鸣叫，以表示电磁场或交流电压的强弱程度，如图 9-16 所示。

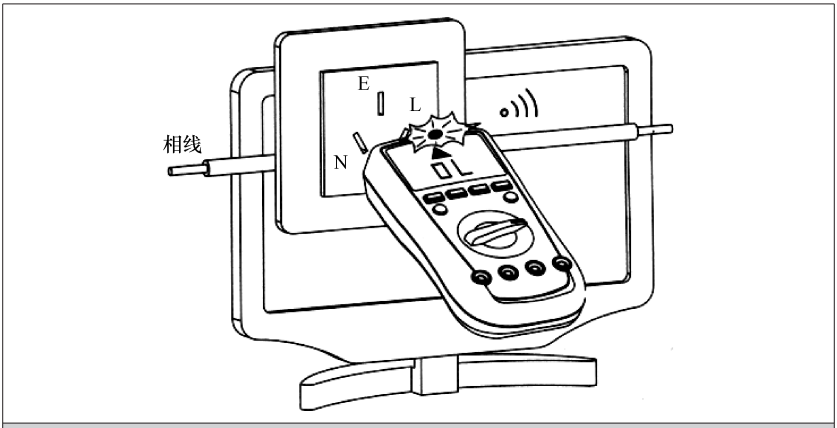


图 9-16　数字万用表的电磁场感应测量挡的使用

第十章

万用表常见故障分析与检修

第一节　指针万用表常见故障分析与检修

指针万用表常见故障现象、故障原因及维修方法如下。

一、表针不偏转或不停摆动 ★★★

表针不偏转或不停摆动的主要故障原因：一是表笔线断或脱焊，二是熔断器（保险管）开路，三是表头线脱焊，四是与表头串联电阻开路或引脚脱焊，五是表头的保护二极管击穿短路，六是表头的动圈开路。该故障排除的方法如下：

1）表笔线断路或脱焊后，应重新连接；若损坏严重，应更换。

2）**熔断器开路应采用同规格的熔断器更换，若采用过大的熔断器更换，会丧失过电流保护功能。**

3）表头线脱焊后，重新焊接即可。

4）表头串联的电阻引脚脱焊后，补焊即可；若该电阻开路后，用相同的电阻更换即可。

5）**表头的保护二极管击穿短路，用相同的二极管更换后即可。**

6）**表头的动圈损坏，更换同规格的动圈或相同的表头即可。**

二、机械调零时，表针在零位处有变位或卡滞现象 ★★★

机械调零时，表针在零位处有变位或卡滞的主要故障原因：一是轴承与轴尖间的间隙过紧使表针变位；二是表芯与极掌间隙中有铁屑或纤维等异物，阻碍可动元器件的自由活动；三是仪表游

丝粘连或跳圈；四是指针与表盘之间有磁化杂物阻碍表针自由运动；五是平衡锤松动或变形；六是线圈变形。排除故障的方法如下：

1）轴承与轴尖间的间隙过紧使表针变位时，应重新调整轴承与轴尖的间隙，使活动部分摆动自如。

2）表芯与极掌间隙中有铁屑时，应清除极掌或铁心上的铁屑，用细钢丝插入间隙中利用钢丝被磁化的原理吸出铁屑。表芯与极掌间隙中有纤维等异物时，用皮老虎清除纤维等异物即可。

3）仪表游丝粘连或跳圈时，修复即可。

4）表针与表盘之间有磁性杂物时，清除表针与表盘之间的带磁性杂物。

5）平衡锤松动时，重新焊接并调整好它与表针之间的角度。平衡锤变形时，校正后并调整好它与表针之间的角度。

6）线圈轻微变形时，可进行矫正；若变形严重，可更换相同的线圈。

三、有一个或几个挡在测量时无指示 ★★★

有一个或几个挡在测量时无指示的主要故障原因：一是功能/量程开关接触不良，触点氧化或烧坏；二是该挡中元件损坏。排除故障的方法如下：

1）**功能/量程开关接触不良时，重新调整触点的位置，再用无水酒精清洗触点的氧化层即可；若触点严重氧化，则打磨后，再点少许润滑油**即可；若烧坏，则需要更换。

2）该挡中元件损坏后，则需要用相同的元件更换。

四、电阻挡异常 ★★★

电阻挡异常主要有 4 种情况，下面分别介绍。

★ 1. 两根表笔短接，表针无反应

两根表笔短接，表针无反应的主要故障原因：一是未安装电池或电池失效，二是功能/量程开关异常，三是电池座正、负极簧片腐烂或连线断，四是电阻测量线路与表头串联的电阻开路或脱焊。故

障排除的方法如下：

1）未安装电池时只要安装合适的电池即可；若电池失效，则更换同规格的电池即可。

2）功能/量程开关故障较轻时，维修即可；若损坏得较重，则需要更换相同的开关。

3）**电池座内的正、负极簧片的连线断线或脱焊时，重新连接即可；若簧片腐烂较轻，清理锈蚀并用焊锡修复即可；若严重腐烂，则需要更换同规格的簧片**。

4）电阻测量线路与表头串联的电阻脱焊时，补焊即可；若电阻开路，则用同规格电阻更换即可。

★ 2. 两根表笔短接，表针不能调到 0

两根表笔短接，表针不能调到 0 的主要故障原因：一是电池容量减小，二是功能/量程开关异常，三是电池座正、负极簧片锈蚀。故障排除的方法如下：

1）电池容量减小时，应更换同规格的电池。R×1、R×10 挡不能调零，应更换 1.5V 电池；若 R×10k 挡不能调零，则应更换 9V 或 15V 电池。

2）功能/量程开关异常时，维修即可。

3）电池座内的正、负极簧片的簧片锈蚀，清理锈蚀即可。

★ 3. 旋转欧姆调零旋钮时，表针跳变

旋转欧姆调零旋钮时，表针跳变的主要故障原因：调零电位器接触不良。

若欧姆调零电位器轻微接触不良，清洗即可；若电位器严重磨损，则需要更换相同的电位器。

★ 4. 个别量程误差偏大

个别量程误差偏大的主要故障原因：一是功能/量程开关异常，二是电阻挡量程分流电阻异常。故障排除的方法如下：

1）功能/量程开关的触点接触不良，清洁并校正触点，使其接触良好即可。

2）电阻挡的量程分流电阻异常后，用相同的电阻更换即可。

五、直流电压挡异常 ★★★

直流电压挡异常主要有三种情况，下面分别介绍。

★ 1. 表针无反应

表针无反应的主要故障原因：一是功能/量程开关的电压部分接点开路或脱焊，二是最小量程倍增电阻损坏，三是与表头串联的电阻异常。该故障排除的方法如下：

1）功能/量程开关的电压挡部分接点脱焊时，补焊即可；若开路，维修或更换相同的开关即可。

2）最小量程的倍增电阻损坏后，用相同的电阻更换即可。

3）电压测量线路与表头串联的电阻脱焊时，补焊即可；若电阻开路，用同规格电路更换即可。

★ 2. 某量程表针无反应

某量程表针无反应的主要故障原因：一是功能/量程开关的触点接触不良，二是功能/量程开关的连接线路脱焊，三是该挡的附加电开路或脱焊。该故障排除的方法如下：

1）功能/量程开关的触点接触不良时，维修即可。

2）若量程开关的连线开路，重新连接即可。

3）附加电阻脱焊，补焊即可；若电阻开路，更换即可。

★ 3. 各量程电压值有误差

各量程电压值有误差的主要故障原因：一是与表头串联的电阻异常，二是分流电阻异常，三是表头异常。该故障排除的方法如下：

1）直流电压挡与表头串联的电阻异常时，更换相同阻值的电阻即可。

2）若直流电压挡的分流电阻异常，更换相同阻值的电阻即可。

3）若表头异常，则需要更换相同规格的表头。

六、交流电压挡异常 ★★★

★ 1. 表针不动或轻微摆动

表针不动或轻微摆动的主要故障原因：一是整流电路的二极管

损坏，二是交流电压挡与表头串联的电阻断路，三是交流电压挡中最小量程中的分压电阻损坏。该故障排除的方法如下：

1）整流电路内的二极管损坏，用 1N4007 更换即可。

2）交流电压挡与表头串联的电阻断路时，用相同阻值的电阻更换即可。交流电压挡与表头串联的电阻异常时，更换相同阻值的电阻即可；若该电阻引脚脱焊，补焊即可。

3）交流电压挡的分压电阻异常，更换相同阻值的电阻即可；若表头异常时，则需要更换相同规格的表头。

★ 2. 误差大，有时可以达到一半

误差大，有时可达到一半的主要故障原因是整流电路的二极管损坏，用 1N4007 更换即可。

第二节　数字万用表常见故障分析与检修

数字万用表常见故障现象、故障原因与维修方法如下。

一、按电源键，显示屏不亮 ★★★

按电源键，显示屏不亮的主要故障原因：一是 9V 电池失效，二是电池座内的正、负极簧片的连线断线或脱焊，三是电源开关键异常，四是液晶屏驱动电路异常，五是液晶屏电极接触不良，六是液晶屏损坏。排除故障的方法如下：

1）9V 电池失效后，更换同规格的电池即可。

2）**电池座内的正、负极簧片的连线断线或脱焊时，重新连接即可；若簧片腐烂较轻，清理锈蚀并用焊锡修复即可；若严重腐烂，则需要更换同规格的簧片**。

3）电源开关键异常后，用相同的轻触开关更换即可。

4）液晶屏驱动电路异常，维修电路（如 A－D 转换电路）即可。

5）**液晶屏电极接触不良时，清理电极并重新安装即可**。

6）液晶屏损坏时，更换相同的液晶屏或更换万用表即可。

方法与技巧

将万用表置于通断测量挡，短接表笔，若蜂鸣器不鸣叫，则故障原因主要是前三种；若鸣叫，则故障原因主要是后三种。

二、显示屏显示的字符缺笔画 ★★★

显示屏显示的字符缺笔画的主要故障原因：一是液晶屏笔画电极接触不良，二是 A-D 转换器异常，三是液晶屏笔画电极与 A-D 转换器间线路异常。故障排除的方法如下：

1）液晶屏笔画电极接触不良时，清理电极并重新安装即可。

2）液晶屏 A-D 转换电路异常时，维修 A-D 转换器即可。

3）液晶屏与 A-D 转换器间线路开路时，找到断裂的部位，接通即可。

三、短接表笔后，显示的数字不为 0 ★★★

短接表笔后，显示的数字不为 0 的主要故障原因：一是表笔线断路或脱焊，二是 9V 电池容量不足，三是环境有较轻的干扰源。故障排除的方法如下：

1）表笔线断路或脱焊后，应重新连接；若损坏严重，应更换。

2）9V 电池容量不足时，更换同规格电池即可。

3）若工作环境干扰严重，则避开干扰源工作即可。

四、误显示电池欠电压符号 ★★★

误显示电池欠电压符号的主要故障原因：一是电压检测电路异常，二是单片机异常。故障排除的方法如下：

1）电压检测电路异常时，维修电池电压检测电路。

2）单片机异常时，则没有必要维修，更换万用表即可。

提　示

该电路异常还会产生电池电压低于7V时，不能为单片机提供欠电压检测信号，导致液晶屏不能显示欠电压符号的故障。

五、电阻挡异常 ★★★

电阻挡异常有电阻挡失效和电阻挡测量误差大两种故障现象。

★ 1. 失效

电阻挡失效的主要故障原因：一是功能/量程开关异常，二是热敏电阻异常，三是标准电阻异常，四是过电压保护电路异常，五是基准电压输出电路异常。故障排除的方法如下：

1）功能/量程开关故障较轻时，维修即可；若损坏得较重，则需要更换相同的开关。

2）热敏电阻异常时，更换相同的热敏电阻即可。

3）标准电阻异常时，更换相同的标准电阻即可。

4）过电压保护电路异常时，维修过电压保护电路即可。

5）基准电压输出给电阻挡的限流电阻异常时，更换同规格电阻即可；若该电阻脱焊，则补焊即可。

★ 2. 测量误差大

电阻挡测量误差大的主要故障原因：一是量程转换开关异常，二是基准电阻变值，三是测量输入电路异常。故障排除的方法如下：

1）**功能/量程开关接触不良时，清洗并处理即可**。

2）基准电阻变值时，更换相同的基准电阻即可。

3）测量输入电路异常时，维修该电路即可。

六、直流电压挡异常 ★★★

直流电压挡异常有失效和测量误差大两种故障现象。

★ 1. 失效

直流电压挡失效的主要故障原因：一是功能/量程开关异常，二是直流电压输入回路异常。故障排除的方法如下：

1）功能/量程开关故障较轻时，维修即可；若损坏得较重，则需要更换相同的开关。

2）直流电压输入电路异常时，维修该电路即可。

★ 2. 测量误差大

直流电压挡测量误差大的主要故障原因：一是量程转换开关异常，二是基准电阻变值，三是测量输入电路异常。故障排除的方法如下：

1）功能/量程开关接触不良时，清洗并处理即可。

2）基准电阻变值时，更换相同的基准电阻即可。

3）测量输入电路异常时，维修该电路即可。

七、直流电流挡异常 ★★★

直流电流挡异常有失效和测量误差大两种故障现象。

★ 1. 失效

直流电流挡失效的主要故障原因：一是功能/量程开关异常，二是熔断器开路，三是过电压保护二极管击穿，四是直流电流输入回路异常。故障排除的方法如下：

1）功能/量程开关故障较轻时，维修即可；若损坏得较重，则需要更换相同的开关。

2）**熔断器开路应采用同规格的熔断器更换，并且需要检查熔断器熔断的原因。若没有排除过电流原因，会导致更换后的熔断器再次熔断，若采用过大的熔断器更换，会丧失过电流保护功能**。

3）过电压保护二极管击穿时，用相同的二极管更换即可。

4）直流电流输入电路异常时，维修该电路即可。

★ 2. 测量误差大

直流电流挡测量误差大的主要故障原因：一是量程转换开关异常，二是分流电阻变值，三是测量输入电路异常。故障排除的方法如下：

1）功能/量程开关接触不良时，清洗并处理即可。

2）分流电阻变值时，更换相同的分流电阻即可。

3）测量输入电路异常时，维修该电路即可。

八、交流电压挡异常 ★★★

交流电压挡异常有失效、读数不稳和测量误差大三种故障现象。

★ 1. 失效

交流电压挡失效的主要故障原因：一是功能/量程开关异常，二是交流电压输入回路异常，三是整流滤波电路异常，四是整流电路串联的电阻脱焊或损坏。故障排除的方法如下：

1）功能/量程开关故障较轻时，维修即可；若损坏得较重，则需要更换相同的开关。

2）交流电压输入电路异常时，维修该电路即可。

3）交流电压整流滤波电路的二极管、电容击穿时，更换损坏的元器件即可。

4）交流电压整流滤波电路输出电阻脱焊时，补焊即可；若开路，用相同的电阻更换即可。

★ 2. 读数不稳

交流电压挡读数不稳的主要故障原因：一是屏蔽层的接地线脱落，二是交流电压输入回路异常，三是整流滤波电路异常。故障排除的方法如下：

1）屏蔽层的接地线脱落时，将其重新接好即可。

2）交流电压输入电路异常时，维修该电路即可。

3）交流电压整流滤波电路的二极管、滤波电容脱焊时，补焊即可；若二极管、电容开路，则更换损坏的元器件即可。

★ 3. 测量误差大

交流电压挡测量误差大的主要故障原因：一是交流电压输入电路异常，二是 AC-DC 变换电路元器件异常。故障排除的方法如下：

1）测量输入电路异常时，维修该电路即可。

2）AC-DC 变换电路元器件异常时，更换损坏的元器件即可。

九、二极管/通断测量挡异常 ★★★

二极管/通断测量挡异常有失效、压降测量值误差大和蜂鸣器不鸣叫三种故障现象。

★ 1. 失效

二极管/通断测量挡失效的主要故障原因：一是功能/量程开关异常，二是保护电路异常，三是热敏电阻异常，四是检测输入回路元器件异常。故障排除的方法如下：

1）功能/量程开关故障较轻时，维修即可；若损坏得较重，则需要更换相同的开关。

2）保护电路异常时，检查损坏的元器件并更换即可。

3）热敏电阻异常时，用相同的热敏电阻更换即可。

4）检测输入回路元器件异常时，更换损坏的元器件即可。

★ 2. 压降测量值误差大

二极管/通断测量挡测量值误差大的主要故障原因：一是分压电阻异常，二是基准电压输入电路异常。故障排除的方法如下：

1）分压电阻异常时，更换相同的电阻即可。

2）基准电压输入电路异常时，维修并更换故障元件即可。

★ 3. 蜂鸣器不鸣叫

蜂鸣器不鸣叫的主要故障原因：一是蜂鸣器异常，二是蜂鸣器驱动电路异常。故障排除的方法如下：

1）蜂鸣器异常时，用相同的蜂鸣器更换即可。

2）蜂鸣器驱动电路异常时，维修并更换故障元件即可。

十、自动关机时间短 ★★★

目前的数字万用表的自动关机电路都设置在芯片内部，而早期的多设置在外部。对于芯片内置的自动关机电路出现该故障后，只有更换芯片。而对于外置的电路，主要检查 RC 电路的定时电容。该电容容量不足或漏电后，用同规格电容更换后即可排除故障。

第三节　万用表的典型故障检修

一、电池的更换 ★★★

无论指针万用表，还是数字万用表，更换电池是最基本的技能。

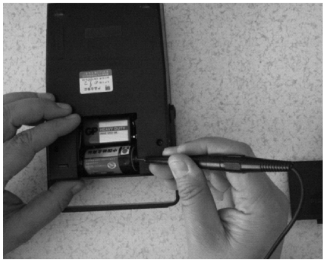
★ 1. 指针万用表电池的更换

提　示

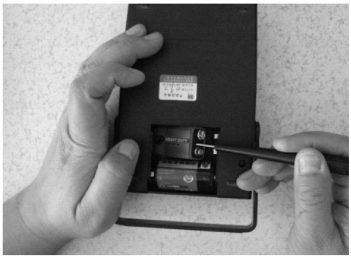
指针万用表内多有1.5V和9V（或15V）两块电池，1.5V电池容量不足时，会导致电阻挡不能调零，尤其R×1挡更为明显；9V或15V电池容量不足时，会导致R×10k或R×100k电阻挡不能调零。

需要更换电池时，打开电池后盖，如图10-1a所示；若1.5V电池容量不足，取出1.5V电池，并更换，如图10-1b所示；若9V或15V电池容量不足，取出9V或15V电池，并更换，如图10-1c所示。

a)



b)



c)

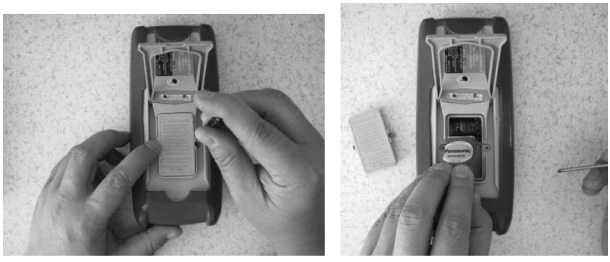
图10-1　指针万用表电池的更换

★ 2. 数字万用表电池的更换

提　示

数字万用表内就有一块9V电池，若该电池容量不足，会导致测量数据异常，甚至显示屏不能显示。

需要更换电池时，打开电池后盖，如图 10-2a 所示；取出电池并更换，如图 10-2b 所示。

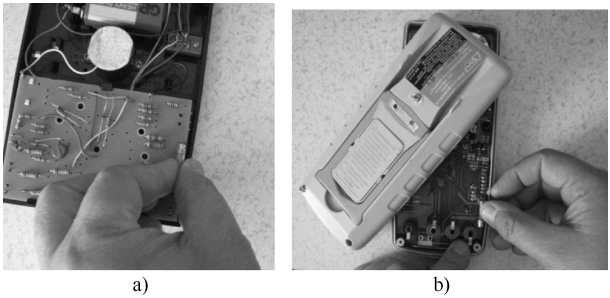


a)　　b)

图 10-2　数字万用表电池的更换

二、熔断器的更换 ★★★

熔断器（保险管）熔断是表内比较常见的故障现象。无论指针万用表，还是数字万用表，**熔断器是否熔断都可以通过察看或检测来确认**。确认熔断器熔断后，采用同规格的熔断器更换，若再次熔断，则说明有过电流故障；若恢复正常，则说明熔断器因测量不当瞬间过电流损坏。熔断器的更换方法如图 10-3 所示。



a)　　b)

图 10-3　万用表熔断器的更换

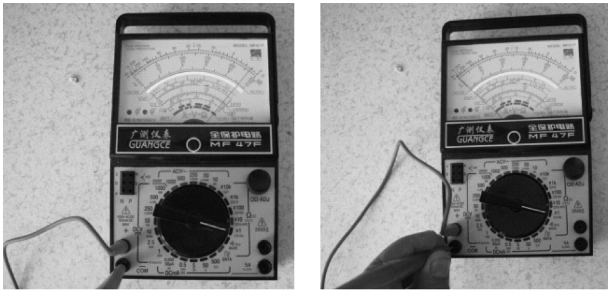
a）指针万用表　b）数字万用表

三、表笔脱焊的检修 ★★★

无论指针万用表，还是数字万用表，表笔脱焊都是最常见的故障之一。

★ 1. 表笔脱焊的检测

将万用表置于 R×1 挡，拔掉一根表笔，将怀疑表笔的笔针插入 COM 端子内，若阻值较小或为 0，如图 10-4a 所示，则说明表笔是正常的；若阻值为无穷大，如图 10-4b 所示，则说明表笔断路；若阻值时大时小，则说明表笔接触不良。



a)　　b)

图 10-4　表笔的检测
a）接通　b）断路

提　示

尽可能不采用通断测量挡判断表笔是否正常，否则容易在其接触不良时误判为正常。

★ 2. 表笔脱焊的修复

表笔脱焊多发生在笔针侧，如图 10-5a 所示；**为了避免表笔脱焊或少脱焊，将表笔线打个结**，如图 10-5b 所示；对表笔线进行镀锡，如图 10-5c 所示；将笔针插入万用表的插孔内，再将表笔线和笔针焊接在一起，如图 10-5d 所示，再安装即可。

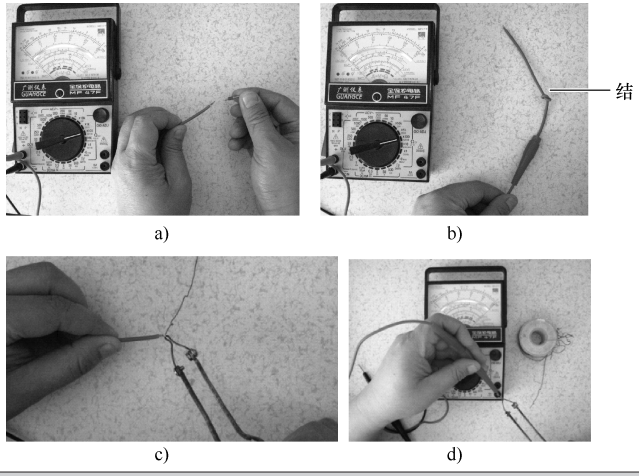


图 10-5　表笔脱焊的修复

四、功能/量程开关的维修 ★★★

指针万用表和数字万用表的功能/量程开关构成和工作原理基本相同，下面以 MF47F 型指针万用表为例介绍功能/量程开关的维修方法。

★ 1. 清理杂物

当功能/量程开关使用一段时间后，会发生触点接触不良、转动阻力大等故障。此时打开后盖，拔下欧姆调零旋钮后，取出电路板，察看量程开关的触点，若有污垢，可以用无水酒精进行清洗，如图 10-6a 所示；若触点间有杂物，可用表笔等尖物进行清理，如图 10-6b 所示。

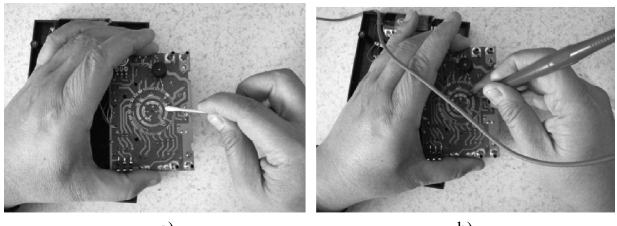


图 10-6　量程开关静触点杂物的清理

a）擦洗静触点　b）清理静触点间的杂物

★ 2. 校正动触点

若功能/量程开关接触不良是由于动触点变形所致，则需要对其进行校正。校正时，可采用尖嘴钳、镊子等完成，如果 10-7 所示。

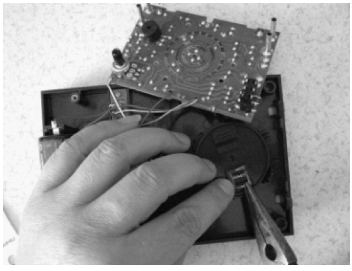


图 10-7　量程开关动触点的校正

五、欧姆调零电位器的清洗 ★★★

欧姆调零电位器使用一段时间后，会发生触点接触不良、转动阻力大等故障。此时打开后盖，拔下欧姆调零旋钮后，取出电路板，用棉签沾上无水酒精对其进行清洗，如图 10-8 所示。当然，也可以采用电位器清洗液进行清洗。

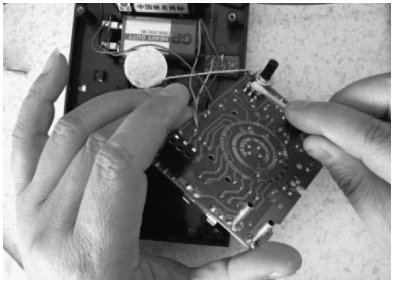
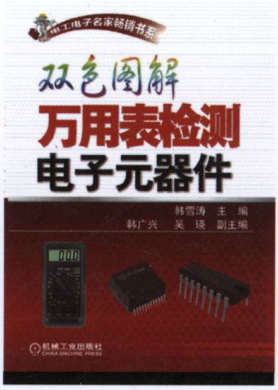


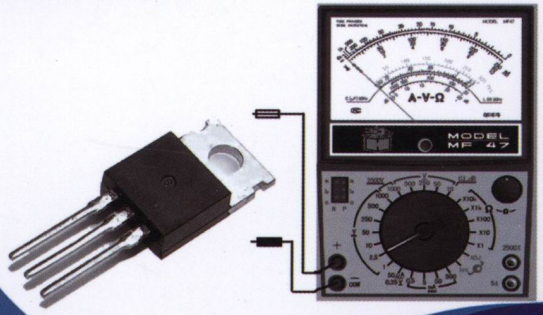
图 10-8　欧姆调零电位器的清洗

编著图书推荐表

姓名		出生年月		职称/职务		专业	
单位				E-mail			
通讯地址						邮政编码	
联系电话			研究方向及教学科目				
个人简历（毕业院校、专业、从事过的以及正在从事的项目、发表过的论文）：							
您近期的写作计划有：							
您认为目前市场上最缺乏的图书及类型有：							

地址：北京市西城区百万庄大街 22 号　机械工业出版社，电工电子分社
邮编：100037　网址：www. cmpbook. com
联系人：张俊红　电话：13520543780/010-88379768　010-68326336（传真）
E-mail：buptzjh@163. com（可来信索取本表电子版）





地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术／电工技术
ISBN 978-7-111-46828-8
策划编辑◎张俊红

ISBN 978-7-111-46828-8
9 787111 468288 >
定价：25.00元